

**Einfluß von ätherischen Ölen
auf die Pigmentbildung und den Wuchs
von Haferkeimlingen**

Kunigunde Meier

Einfluss von ätherischen Ölen auf die Pigmentbildung
und den Wuchs von Haferkeimlingen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

zu München

vorgelegt

von

Kunigunde MEIER

aus

München

Februar 1958



Berichterstatter: 1. Prof.Dr.F.BUKATSCH
2. Prof.Dr.L.BRAUNER

Tag der mündlichen Prüfung: 26.Februar 1958.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Methodik und Material	3
III. Beschreibung der Versuche	7
1. Der Einfluss von Eukalyptusöl auf Haferkeimlinge	7
2. Der Einfluss von Zitronenöl auf Haferkeimlinge	12
3. Der Einfluss von Anisöl auf Haferkeimlinge	15
4. Der Einfluss von Rosmarinöl auf Haferkeimlinge	18
5. Der Einfluss von Nelkenöl auf Haferkeimlinge	20
IV. Diskussion der Versuchsergebnisse	22
V. Zusammenfassung	28
VI. Anhang: Abbildungen 1-30	30
VII. Literaturverzeichnis	I-V

I. Einleitung

Über den Einfluss ätherischer Öle auf Pflanzen wurde schon vielfach gearbeitet; in den meisten Fällen gingen aber die Bearbeiter nur auf Veränderungen in Bezug auf Grössenentwicklung, Unterdrückung oder Beeinträchtigung der Keimfähigkeit u.ä. ein.

BUKATSCH (1955) wies in seinem Referat über "Pflanzliche Wirkstoffe" darauf hin, dass auch die Blattgrünusbildung mannigfache Änderungen erfährt, wenn das Saatgut, in seinem Falle Gartenkresse, ätherischen Ölen ausgesetzt wurde. Diese Beobachtungen führten zur Themenstellung dieser Arbeit.

Bei der Durchsicht der Literatur über die gegenseitige Beeinflussung von Pflanzen durch Ausscheidung ätherischer Öle ergab sich folgendes:

COUPIN (1911) hatte gefunden, dass man die "pflanzlichen Essenzen" in Bezug auf ihre Toxizität in fünf Gruppen einteilen kann. Er stellte Versuche mit Weizenkeimlingen, deren oberirdische Teile eine Länge von 2 cm hatten, an. Er gab das Öl in Dampfform zu, wählte aber eine so grosse Konzentration, dass die Keimlinge meist sehr schnell abstarben. Allerdings hatte er die Versuchsanordnung so getroffen, dass durch Lüftung den Pflänzchen Respiration und Chlorophyllbildung möglich war.

SIGMUND (1924) gab die ätherischen Öle einmal in Dampfform, zum anderen der Quellungsflüssigkeit zu. Auch er konnte eine verschieden starke toxische Wirkung auf das Wachstum von Keimlingen feststellen. DAVIS (1928), ELMER (1932), WAKS (1936), BODE (1939), FUNKE (1943), BONNER (1949) und BOURNOT (1949) kamen zu ähnlichen Resultaten mit verschiedenen Testpflanzen.

MOLISCH (1937) ging auf den Fragenkomplex der "Alleeopathie" ein, allerdings beobachtete auch er fast ausschliesslich die Wachstumsbeeinflussung, ohne die Pigmentierung zu berücksichtigen.

KLOSE (1948) gab Erbsenkeimlingen verschiedene ätherische Öle in der Quellungsflüssigkeit zu und stellte fest, dass die Hemmwirkung geringer war, wenn nach 24-stündiger Quellungsdauer die Samen gewaschen wurden.

EVENARI (1949) macht die Aldehyde und Phenole, die in den ätherischen Ölen enthalten sind, für die Hemmwirkung verantwortlich.

Als einer der ersten hatte sich HELLER (1904) genauer mit dem Einfluss der ätherischen Öle auf Pflanzen, vor allem auf Keimlinge, befasst. Er wies nach, dass die Anzahl der Testpflanzen einen Einfluss darauf hat, wie lange Pflanzen in einer Atmosphäre von ätherischen Ölen lebensfähig sind.

Er fand zweierlei Wirkungen von ätherischen Ölen; an erster Stelle eine Hemmung der Plasmataktivität, an zweiter die Zerstörung des Chlorophylls.

Wie der obige kurze Abriss der Literatur zeigt, wurde nach dem Erscheinen der Arbeit von HELLER nur auf diese erste Wirkung, nämlich die Hemmung der Plasmataktivität, eingegangen.

Eine Zusammenfassung der Literatur über den Einfluss von ätherischen Ölen auf Pflanzen findet sich bei GRÜMMER (1955). Ein Vergleich der Ergebnisse der Arbeiten auf diesem Gebiet zeigt, dass die verschiedenen Autoren bei einigen Ölen zu unterschiedlichen Wirkungsgraden kamen. Diese Unterschiede "mögen teilweise durch eine verschiedene Empfindlichkeit der Versuchsobjekte oder durch methodische Unterschiede (Wirkung auf Keimlinge - Wirkung auf Samen) bedingt sein: Ebenso wahrscheinlich ist es aber, dass die Zusammensetzung der Präparate je nach Herkunft des Materials und der Gewinnungsmethoden schwankt, was ebenfalls Anlass zu unterschiedlichen Ergebnissen sein könnte" (GRÜMMER, S.36).

Vor allem in einigen älteren Arbeiten sind keine genauen Angaben über die Art der Ölzugabe, das Testmaterial und die Gewinnung bzw. Zusammensetzung der Öle zu finden.

Auch JOOS (1952) ging in ihren Untersuchungen, die sie mit Kresse als Testpflanzen durchführte, nur auf die Wirkung von ätherischen Ölen auf die Keimungsfähigkeit ein.

In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, wieweit auch die Blattpigmente beeinflusst werden. HELLER spricht von einer "Zerstörung des Chlorophylls", es dürfte sich aber weniger um eine

Zerstörung als vielmehr um eine Hemmung der Blattfarbstoffbildung handeln.

Um die Frage der Beeinflussung der Pigmententstehung behandeln zu können, müssen zunächst für verschiedene Öle die Konzentrationen gefunden werden, bei denen einerseits ein Wachstum noch möglich, andererseits aber ein Einfluss auf die Pigmente zu erfassen ist.

II. Methodik und Material

Für die Versuche standen Bindegläser von 1,5 Liter Inhalt zur Verfügung. Das Öl wurde auf Filterpapierstreifen, die an der Glaswand anhafteten, aufgetropft. Um das Entweichen des Öles zu verhindern, wurden die Gläser mit Glasplatten abgedeckt und mit Paraffin abgedichtet.

In den Vorversuchen wurden statt der ätherischen Öle ölhaltige Pflanzenteile (z.B. Eukalyptusblätter, Zitronenschalen) in die Gläser eingebracht und die Kresse nicht auf den Boden des Glases gesät sondern in Petrischalen, die auf kleinen Dreifüssen standen.

Das Saatgut (Kresse und Hafer) wuchs auf feuchter Watte, die sich auf dem Boden des Glases (bzw. in den Petrischalen) befand (s. Abb. 1).

Es wurde nur Leitungswasser zugesetzt, da die Reservestoffe in den Samen für die Zeitdauer der Versuche ausreichten. Als Unterlage kann nur Watte gebraucht werden, da Filterpapier den Pflanzen keinen genügenden Halt gibt (die Watte kann von den Wurzeln durchflochten werden). Erde und auch Sägemehl scheiden aus, weil sie die Öle absorbieren (GRÜMMER, S. 38, 39) und dadurch die Wirkung der ätherischen Öle verloren geht.

In den Vorversuchen galt es, ätherische Öle zu finden, die einen deutlichen Einfluss auf das Wachstum und die Pigmentbildung zeigten. Für die Versuche wurden folgende Öle ausgewählt: E u k a l y p t u s ö l , Z i t r o n e n ö l , N e l k e n - ö l , A n i s ö l , R o s m a r i n ö l .

Die selbst gewonnenen Öle wurden nun in reiner Form zugesetzt, d.h. sie wurden durch Wasserdampfdestillation aus den ölhaltigen Pflanzenteilen, die nach Bedarf grob zerkleinert wurden, extrahiert.

Dazu wurde die in Abbildung 2 dargestellte Apparatur verwendet.

Ein 1 Liter Rundkolben wird mit einem Kühler durch ein ungefähr 30 cm langes Glasrohr, das zweimal rechtwinkelig gebogen ist, verbunden. Als Heizquelle dient eine Pilzhaube [†]) für einen Rundkolben der angegebenen Grösse. Als Vorlage findet ein 300 ccm Weithals-Erlenmeyer-Kolben Verwendung, der durch das Ausflussrohr des Kühlers in schräger Lage gehalten wird.

Jeweils 80 bis 100 g frisches, nach Bedarf grob zerkleinertes, ölhaltiges Pflanzenmaterial wird in den Rundkolben gegeben und mit 300 ccm Wasser übergossen und zum Sieden gebracht. Es wird solange erhitzt, bis etwa 200 ccm Flüssigkeit in die Vorlage übergetrieben sind. Das Destillat wird nun in einen Scheidetrichter überführt, dort mit 60 g Natriumchlorid versetzt und dreimal mit je 20 ccm Pentan ausgeschüttelt. Die Ausschüttelungen werden vereint. Es darf keine Natriumchloridlösung in die Pentanphase geraten.

Das Pentan wird nun vorsichtig im Wasserbad abgedampft. Dies geschieht in einem, ebenfalls durch ein Glasrohr mit einem Kühler verbundenen, 250 ccm Erlenmeyer-Kolben, der in einem Wasserbad auf eine Temperatur von 35°C gebracht wird (der Siedepunkt des Pentans liegt bei rd. 32°C). Die Badtemperatur darf nicht höher als 35°C sein, da sonst die Gefahr besteht, dass das ätherische Öl entweicht.

Die auf diese Weise gewonnenen Öle werden gut verschlossen und dunkel bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Als Versuchspflanzen dienten *Lepidium sativum* L. und hauptsächlich *Avena sativa* L. ("Weihenstephaner" Weisshafer aus der Saatzuchtwirtschaft Lang-Doerfler in Niedertraubling).

Die Vorversuche hatten ergeben, dass sowohl Kresse als auch Ha-

[†]) Heizhaube "Pilz" der Fa.BENDER & HOBEIN, München

fer eine höhere Ölkonzentration vertragen, wenn das Öl erst den Keimlingen, nicht dem Saatgut, zugesetzt wurde. Es sei an dieser Stelle das Protokoll eines Versuches eingefügt, der dies erhärtet:

Gleiche Mengen von Eukalyptusöl (0,05 ccm) wurden je 2 g Kressesamen zugesetzt:

- a) sofort nach der Aussaat
- b) am ersten Tag nach der Aussaat (Samenschalen waren gerade gesprengt)
- c) am zweiten Tag nach der Aussaat;
- a) keimte am 9.Tag vereinzelt aus
- b) fing am 12.Tag an, weiter auszukeimen
- c) keimte weiter, blieb aber sehr klein und zeigte eine gelblich grüne Farbe.

Auf Grund dieses Befundes wurde nur mit vorgekeimten Samen gearbeitet. Die Kresse brauchte im Durchschnitt 36 bis 48 Stunden, bis die Pflänzchen etwa 0,5 cm hoch gewachsen waren.

Hafer wurde in Sägemehl angezogen bis die Koleoptilen rund 15 bis 20 mm hoch gewachsen waren; dies dauerte je nach Temperatur 5 bis 6 Tage. Für einige Versuche wurde der Hafer solange im Sägemehl belassen, bis das Primärblatt die Koleoptile durchstossen hatte. Die Versuchsgläser wurden mit je 45 gleich grossen Keimpflanzen beschickt. Diese Anzahl von Pflanzen war, bezogen auf die Grundfläche der Gläser, am günstigsten; wenn mehr Pflanzen eingebracht wurden, behinderten sie sich gegenseitig.

Zum Ankeimen standen Kresse und Hafer im Gewächshaus, unterlagen also dem natürlichen Tag-Nachtrhythmus. Während der eigentlichen Versuchszeit standen die Pflanzen in einem Klimaraum mit einer Temperatur von 18 bis 22°C und einem 12-stündigen Hell-Dunkelrhythmus. Als Lichtquelle dienten PHILIPS Tageslichtleuchtstoffröhren (TL 40 W 29 L), unter die die Versuchsgläser gebracht wurden. Der Abstand vom oberen Rand der Gläser zu den Lampen betrug 12 cm, vom Boden aus 30 cm. Am Boden wurde eine Intensität von rund 3000 Lux, in Höhe des oberen Glasrandes eine Intensität von rund 5350 Lux gemessen.

Da die Kresse sehr empfindlich gegenüber schwankender Temperatur und Feuchtigkeit im Glas ist, wurden die Reihenversuche mit Hafer durchgeführt.

Die chromatographischen Analysen der Blattfarbstoffe erfolgte nach den Angaben von HAGER (1957, S.593-597) mit dem Unterschied, dass die Extrakte der einzelnen Komponenten nicht mit dem lichtelektrischen Kolorimeter nach LANGE sondern mit dem Pulfrich-Stufenphotometer (ZEISS) gemessen wurden.

Für das verwendete Pulfrich-Stufenphotometer wurden Eichkurven erstellt. Dazu wurde aus etwa 100 g Hafer (14 Tage alt) wie zu den Analysen ein Rohextrakt hergestellt und dieser in Stäbchen getrennt. Es wurden 15 Säulen beschickt und diese in die einzelnen Fraktionen zerlegt. Die entsprechenden Abschnitte der Säulen wurden nun gemeinsam mit möglichst geringen Mengen von Äther ausgewaschen und der Äther im Vakuum vorsichtig abgedampft. Mit der Benzinphase, in der sich das Carotin gelöst befand, wurde entsprechend verfahren. Die amorphe Trockenmasse der vier Farbstoffkomponenten wurde gewogen und mit soviel Äther bzw. Benzin aufgefüllt, dass eine Stammlösung entstand, in der auf 100 ccm Lösungsmittel 20 mg Farbstoff kamen. Von dieser Stammlösung und den daraus hergestellten Verdünnungsstufen wurden im Pulfrich-Stufenphotometer mit einer C-Küvette von 20 mm Schichtdicke die Extinktionen gemessen. Die so aufgestellten Eichkurven für die Blattfarbstoffe sind auf Abbildung 3 bis 6 dargestellt. Während aller Versuchsreihen wurde immer die Küvetten-Schichtdicke von 20 mm beibehalten; die Extrakte wurden jeweils auf 50 ccm aufgefüllt.

Verwendet wurden für Carotin und Xanthophyll das Filter S 47, für Chlorophyll a das Filter S 66 und für Chlorophyll b das Filter S 64. Der günstigste Messbereich bei den verwendeten Filtern und dieser Schichtdicke bewegte sich zwischen den Extinktionswerten $E = 0,1$ und $E = 0,4$. Nur beim Filter S 64 für Chlorophyll b musste bei einigen Analysen noch bis $E = 0,06$ gegangen werden; dies ist aber bei diesem Filter noch möglich.

III. Beschreibung der Versuche

Da es bei den Untersuchungen nur auf relative Werte ankam, unterblieb eine Bestimmung des Trockengewichtes. Die Auswertung wurde so vorgenommen, dass die sich aus den Eichkurven abgelesenen Anteile der vier gemessenen Komponenten (Carotin, Xanthophyll, Chlorophyll a und Chlorophyll b) in mg/100 ccm Lösungsmittel jeder Analyse addiert, die Gesamtmenge gleich 100 Prozent gesetzt und daraus die Prozentsätze der einzelnen Komponenten bestimmt wurden. In den Tabellen sind jeweils die prozentualen Anteile von Carotin + Xanthophyll ($= c+x$) und von Chlorophyll a + Chlorophyll b ($= a+b$) zusammengefasst, dazu wurde noch der Quotient von Chlorophyll a + Chlorophyll b/Carotin + Xanthophyll ($= Q \frac{a+b}{c+x}$) ermittelt. Diese Werte wurden graphisch dargestellt.

1. Der Einfluss von Eukalyptusöl auf Haferkeimlinge

Eukalyptusöl zählt zu den Ölen, die relativ schwach toxisch wirken. COUPIN (1911) stellt es in die 3. Gruppe der ätherischen Öle, zu den "Essenzen, die das Wachstum verlangsamen und es etwas verschlechtern."

Für die Versuche wurden die Konzentrationen 0,02; 0,04; 0,06 und 0,08 ccm/Glas (1,5 L) verwendet.

Die Konzentration 0,08 ccm/Glas (1,5 L) wirkte bereits so stark, dass kein messbares Längenwachstum zu beobachten war. Eine chromatographische Analyse war bei dieser Konzentration nicht mehr möglich, denn die Pflanzen waren bis auf wenige schon nach kürzester Zeit stark in Fäulnis übergegangen.

Nach 9 Tagen Einfluss wurden die übrigen Pflanzen chromatographisch untersucht, die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

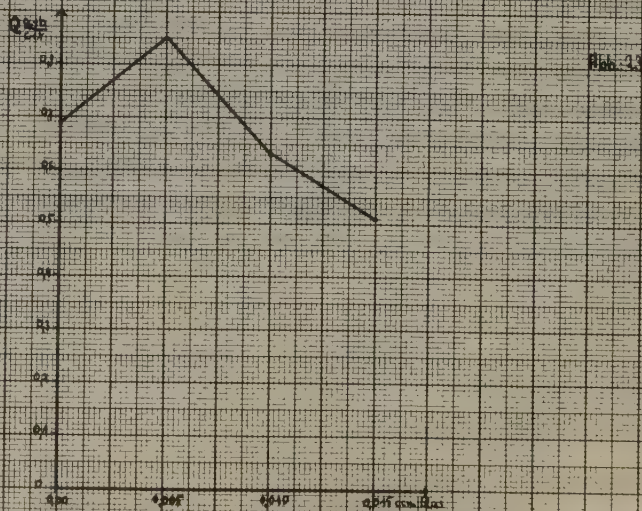
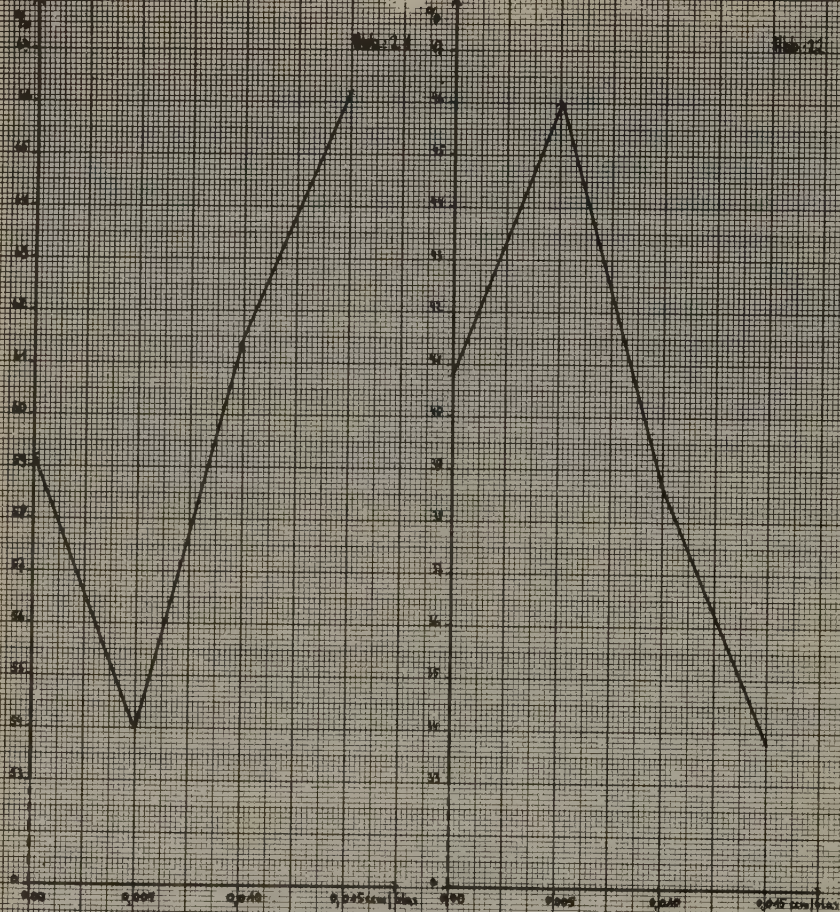


Fig. 24-25

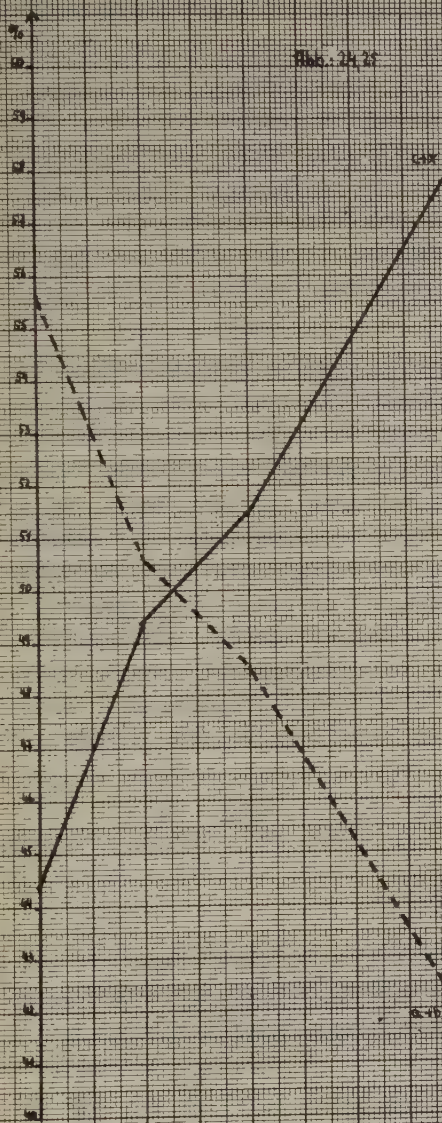
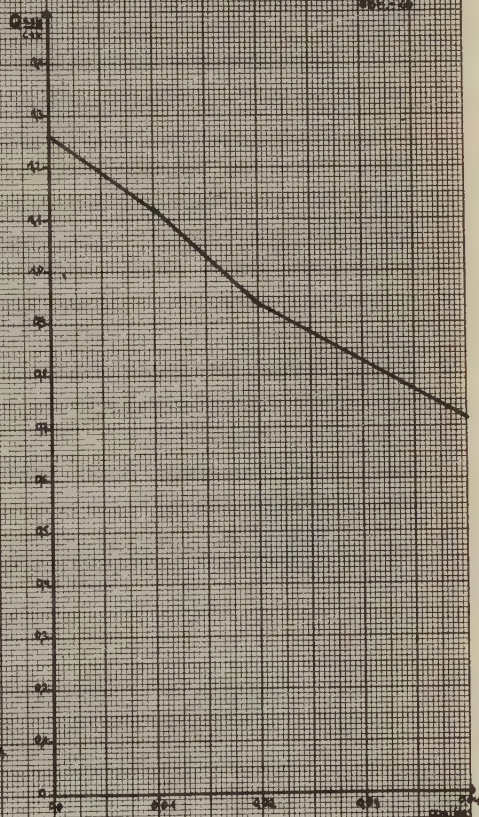


Fig. 26



ccm/Glas (1,5 L) gewachsen waren, wurden auf ihren Wuchsstoffgehalt untersucht.

Extrahiert wurde nach der von AVERY (1940) beschriebenen Methode. Man zerreibt das Pflanzenmaterial mit der 5-fachen Menge von absolutem Äthylalkohol und etwas Sand ungefähr drei Minuten lang, filtrierte ab und wäscht die Nutsche zweimal mit je 10 ccm absolutem Äthylalkohol nach. Der Extrakt kommt in Abdampfschalen und wird bei gedämpften Licht zur Trockne gebracht. Der Rückstand wird in einer bestimmten Menge von destilliertem Wasser aufgenommen.

Als Test für die geringen, hier auftretenden Wuchsstoffmengen erwies sich die von GORDON und WEBER (1951) verbesserte Farbreaktion nach SALKOWSKI als zu unempfindlich. Sehr gute Ergebnisse brachte dagegen der von BENTLEY (1950) beschriebene und von RIETSEMA (1950) modifizierte Koleoptilzylinder-Test. Dazu werden ungefähr 20 mm lange Avena-Koleoptilen 3 mm weit dekapiert und dann 10 mm lange Zylinder herausgeschnitten. Um das Eigenwachstum der Kontrollen möglichst zu reduzieren, kommen die Zylinder erst für 6 Stunden in reines Wasser. Danach legt man die Koleoptilzylinder in die zu untersuchenden Wuchsstofflösungen. Nach weiteren 20 Stunden wird der Längenzuwachs jeder Serie gemessen. Diese Methoden sind dem Buch von LINSER und KIERMAYER (1957) entnommen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3

Längenzuwachs in mm	in reinem Wasser (Kontrolle)	in Extraktion von Hafer aus den Ölkonzentrationen			
		0,00	0,02	0,04	0,06
Min.	1,5	4,0	4,0	3,5	4,0
Max.	2,5	7,0	6,5	6,0	5,5
Med.	2,04	5,5	5,1	4,6	4,4

Einfluss des Eukalyptusöles auf Samen vor der Keimung

Mit den verwendeten Konzentrationen von Eukalyptusöl wurde der Tetrazoliumtest nach LAKON (1942) durchgeführt. Hierzu kamen die Samen für 16 Stunden in Ölatmosphäre, gekeimt wurden sie in Leitungswasser. Eine längere Einquellungszeit erwies sich bei dem verwendeten Saatgut als nicht rätlich, weil zu einem späteren Zeitpunkt schon so viel Reservestärke aufgelöst und damit das Korn so weich ist, dass keine sauberen Schnitte in der Medianebene des Embryos möglich sind.

Nach 16-stündiger Einquellung werden die Körner halbiert und jeweils eine Hälfte mit der Schnittfläche nach oben in eine kleine Petrischale gelegt. Man sucht von jeder Konzentration 10 beliebige Körner aus und übergiesst die Kornhälften mit 1-prozentigem 2,3,5-Triphenyl-Tetrazoliumchlorid und zwar so, dass die Schnittflächen nicht mit der Luft in Berührung stehen, aber auch kein Überschuss an Lösung vorhanden ist. Die zuge-deckten Petrischalen stellt man für 24 Stunden ins Dunkle. Dabei tritt eine Rotfärbung der lebenden Zellen ein; diese bleibt während weiterer 24 Stunden erhalten. Nach 24-stündiger Einwirkung der Tetrazoliumlösung tritt kaum eine Überfärbung auf, wenn sie wirklich eintritt, ist sie aber nur oberflächlich und mit mehrmaligem Nachspülen mit klarem Wasser leicht zu beheben. Die topographische Auswertung der mit Wasser abgespülten Embryohälften erfolgte nach einer im Botanischen Institut München vorhandenen Wandtafel zur Bestimmung der Keimfähigkeit von Getreide mit Tetrazoliumsalzen (Abb.12).

Die Ergebnisse des Tests sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Zu dieser Auszählung ist zu bemerken, dass mit steigender Ölkonzentration die Embryonen zwar nach der topographischen Auswertung noch keimfähig sind, aber immer grösser werdende Gewebeschäden aufweisen.

Tabelle 4

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	Anzahl der leben- to- den ten Embryonen	
0,00	10	-
0,02	10	-
0,04	9	1
0,06	8	2
0,08	2	8

Wirkung von Eukalyptusöl auf die Guttation

Zugabe von Eukalyptusöl beeinflusst die aktive Wasserausscheidung stark; ab 0,02 ccm/Glas (1,5 L) wird sie immer schlechter, an den Pflanzen, die einer Konzentration von 0,06 ccm pro Glas (1,5 L) ausgesetzt wurden, war kaum mehr Guttation festzustellen. Untersuchungen der Morphologie und der Zahl der Stomata mit Hilfe von Kollodiumabzügen ergaben keine Unterschiede bei den einzelnen Konzentrationen.

2. Der Einfluss von Zitronenöl auf Haferkeimlinge

Die Vorversuche mit Zitronenöl hatten ergeben, dass nur Konzentrationen bis 0,25 ccm/Glas (1,5 L) ein Wachstum gestatten; höhere Konzentrationen wirkten schon in kürzester Zeit letal. Für die Versuche wurden deshalb die Konzentrationen 0,005; 0,010; 0,015; 0,020; 0,025 ccm/Glas (1,5 L) verwendet.

Unter dem Einfluss einer Konzentration von 0,025 ccm/Glas (1,5 L) war von den eingebrachten Versuchspflanzen eine beträchtliche Anzahl, nämlich 15,5 %, nach kürzester Zeit eingegangen. Die bei dieser Konzentration noch lebenden Pflanzen zeigten starke Schädigungen (beginnende Fäulnis der Pflanzen), die zwar eine Längenmessung noch gestatteten, nicht aber eine chromatographische Auswertung, da bereits Zersetzungsprodukte

auftreten, die das Chromatogramm verfälschen können.

Die Längenmessungen und Auszählungen der von 45 Ausgangspflanzen noch lebenden Exemplare ergaben die in Tabelle 5 zusammengefassten Werte.

Tabelle 5

Mittlere Ausgangslänge: 22,2 mm

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	Länge in mm			Längen- zunahme in %	Anzahl der lebenden Pflanzen
	Min.	Max.	Med.		
0,000	135	188	165,3	744,5	45
0,005	105	149	124,6	561,2	45
0,010	100	122	114,4	515,2	43
0,015	93	122	110,2	496,4	43
0,020	75	100	87,5	394,1	41
0,025	58	90	70,6	318,0	38

Die Kurve in Abbildung 13 zeigt die graphische Darstellung der mittleren Längen.

Anschliessend sollen die Ergebnisse der chromatographischen Pigmentanalysen nach 9 Tagen, Öleinfluss angeführt werden (s.Tab.6).

Tabelle 6

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	c + x in %	a + b in %	$q \frac{a+b}{c+x}$
0,000	48,8	51,2	1,04
0,005	47,5	52,5	1,10
0,010	49,4	50,6	1,02
0,015	53,6	46,4	0,86
0,020	54,4	45,6	0,84

Abbildung 14 und 15 geben die prozentualen Anteile der gelben bzw. grünen Pigmente graphisch wieder. Abbildung 16. stellt die Verschiebung des Quotienten $a+b/c+x$ dar.

Es zeigt sich, dass die geringste hier verwendete Ölkonzentration (0,005 ccm/Glas (1,5 L) eine schwache F ö r d e r u n g für die grünen Farbstoffe ergibt. Von dieser Konzentration an nehmen die grünen Anteile kontinuierlich ab. Der Kurvenverlauf des Quotienten $a+b/c+x$ zeigt dasselbe Bild.

Bei den Pflänzchen, die unter dem Einfluss von Zitronenöl gewachsen waren, zeigte sich eine auffällige Erscheinung. Die Primärblätter waren nahezu genau so ausgerollt (im Gegensatz zu Eukalyptusöl) wie bei den Kontrollpflanzen, wiesen aber eine helle Zone in der Mitte auf (s.Abb.17).

Die Spitze und in geringerem Maße auch die Basis waren grün, die Mitte hatte eine fahle Farbe. Diese Zonenbildung tritt mit steigender Konzentration (am besten bei 0,015 und 0,020 ccm pro Glas (1,5 L) immer deutlicher in Erscheinung.

Um zu prüfen, ob die Länge der einzelnen Zonen bzw. das obere Ende der hellen Zone einer Gesetzmässigkeit unterliegt und ob zwischen der Länge der grünen Spitze und der Länge des Primärblattes zum Zeitpunkt der Ölzugabe ein Zusammenhang besteht, wurden die folgend beschriebenen Versuche durchgeführt.

Da die Konzentration von 0,015 ccm/Glas (1,5 L) noch ein gutes Wachstum gestattete, wurde mit markierten Haferpflänzchen bei dieser Konzentration gearbeitet. Dazu wurden Pflänzchen verwendet, bei denen die Koleoptilen vom Primärblatt bereits durchstossen waren. Markiert wurde mittels eines Tuschepunktes die Stelle des Primärblattes, die gerade oberhalb des Koleoptilrandes lag.

Nach Verlauf einer Woche wiesen fast alle Pflanzen die oben beschriebenen Zonen auf, und zwar war die grüne Spitze durchschnittlich doppelt so lang wie die Entfernung vom Markierungspunkt zur Spitze.

Haferkeimlinge, deren Primärblätter die Koleoptilen noch nicht

durchstossen hatten, wurden ebenfalls einer Ölatmosphäre von 0,015 ccm/Glas (1,5 L) ausgesetzt und nach sieben Tagen die Länge der grünen Spitzenzonen gemessen. In diesem Falle waren die Spitzenzonen im Durchschnitt 1 cm lang.

Eine Erklärung für dieses Phänomen wurde nicht gefunden.

Des weiteren sollte untersucht werden, wie Haferpflanzen, die schon grösser waren, auf Ölzugabe reagierten.

Dazu wurden zu 8 cm hohen Pflanzen 0,02 ccm/Glas (1,5 L) Zitronenöl gegeben. Die Pflanzen standen acht Tage unter Beobachtung; es zeigte sich kein messbarer Einfluss auf die Pigmente und das Wachstum. Nach einer Woche begannen die Pflanzen auszublassen und zu kränkeln; der Grund dafür dürfte in erster Linie in einem Verbrauch der Luft im Versuchsglas zu suchen sein. Auch gleich alte, ebenfalls in verschlossenen Gläsern - nur ohne Ölzugabe - befindliche Kontrollpflanzen stellten zu diesem Zeitpunkt Wachstum und Pigmentbildung ein. Dazu kommt noch, dass die Reservestoffe im Korn nach 10 Tagen aufgebraucht sind (COUPIN, 1911). Als Hauptursache für das allmähliche Absterben der Pflanzen nach acht bis neun Tagen ist bei dieser Versuchsanordnung der Verbrauch der Luft anzusehen. Versuche, bei denen das Wasser durch KNOPSche Nährlösung ersetzt war, ergaben, dass hierbei die Pflanzen auch nicht länger wachsen konnten als die Kontrollen mit Wasser.

3. Der Einfluss von Anisöl auf Haferkeimlinge

Anisöl zeigt sowohl in der verträglichen Menge als auch in der Erscheinungsform der behandelten Pflanzen Ähnlichkeit mit Zitronenöl.

Eine Konzentration von 0,02 ccm/Glas (1,5 L) wirkt auf Keimlinge, bei denen das Primärblatt die Koleoptile noch nicht durchstossen hat, bereits so schädlich, dass das Wachstum schon im Laufe des ersten Tages in Ölatmosphäre eingestellt wird. Wenn das Primärblatt dagegen die Koleoptile schon durchstossen hat, wird diese Konzentration noch vertragen; bei einer Zugabe

von 0,025 ccm/Glas (1,5 L) tritt ebenfalls baldiger Verfall ein.

Auffällig ist, dass die Keimlinge bei höheren Konzentrationen sich sehr schlecht aufrichten können. Sie bleiben auf der nas-sen Watte liegen; die Primärblätter durchstossen, wenigstens ein Teil von ihnen, noch die Koleoptilen, fangen aber sofort an zu verfaulen.

Für Analysen waren weder die Pflanzenmengen, die bei den Kon-zentrationen von 0,02 noch bei 0,015 ccm/Glas (1,5 L) zur Ver-fügung standen, ausreichend, weil nur ein Teil der eingebrach-ten 45 Keimlinge überhaupt weitergewachsen war und diese Pflan-zen nur eine Länge von drei bis vier cm erreichten.

Auch wenn die Primärblätter die Koleoptilspitzen zum Zeitpunkt der Ölzugabe bereits durchbrochen hatten, waren bei 0,015 ccm pro Glas (1,5 L) ein Teil der Versuchspflanzen eingegangen und die anderen nicht so hoch gewachsen, dass Analysen möglich ge-wesen wären. Dazu kommt noch, dass die Pflanzen, die weiter-gewachsen waren, an den Blättern bereits nekrotische Erschei-nungen aufwiesen, so dass auch aus diesem Grunde auf Analysen verzichtet wurde.

Es konnten also nur von zwei Konzentrationsstufen, nämlich von 0,005 und 0,01 ccm/Glas (1,5 L) Analysen gemacht werden. Eine nochmalige Unterteilung der Konzentrationen wäre so ungenau geworden, dass diese gar nicht vorgenommen wurde - ein Teil des eingebrachten Öles verdunstet schon, bis der Deckel mit Wachs abgedichtet ist, obwohl jedes Glas sofort nach der Ölzuga-be verschlossen wurde. Bringt man zuerst auf den Glasrand Vaseline zum Abdichten und gibt den Deckel darauf, lässt es sich nicht vermeiden, dass etwas Vaseline herausgequetscht wird, was zur Folge hat, dass an diesen Stellen das Wachs ab-blättert. Vaseline allein dichtet nicht genügend ab. [†])

[†]) Vaseline absorbiert Dämpfe ätherischer Öle durch Lösung

Wie aus dem vorher gesagten zu ersehen ist, wirkt Anisöl schon in minimalen Gaben sehr schädlich. Auch die geringsten Mengen von diesem Öl wurden von den Pflanzen nur über einen kürzeren Zeitraum vertragen, die Pflanzen konnten nicht länger als sechs Tage in der Ölatmosphäre belassen werden. Die Analysen wurden daher bereits am 6.Tag nach der Ölzugabe durchgeführt. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Blattpigmentanalysen dieser Versuchsreihe zusammengestellt.

Tabelle 7

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	c + x in %	a + b in %	$Q \frac{a+b}{c+x}$
0,000	53,2	46,8	0,88
0,005	58,0	42,0	0,72
0,010	65,0	35,0	0,54

Abbildung 18 gibt die prozentualen Anteile der gelben, Abbildung 19 die prozentualen Anteile der grünen Farbstoffe wieder; Abbildung 20 zeigt die Abnahme von $Q \frac{a+b}{c+x}$.

Wie aus den Kurven zu ersehen ist, nimmt der relative Gehalt der grünen Pigmente mit steigender Konzentration sehr stark ab. Von der Kontrolle zur schwächsten Ölkonzentration (0,0005 ccm/Glas (1,5 L) sinken die Grünanteile um 4,8 %, beim nächsten Konzentrationssprung um 7 %.

Das Längenwachstum ist unter dem Einfluss von Anisöl gleichfalls stark beeinträchtigt. Die Länge der Pflanzen nimmt mit steigender Ölkonzentration ab. Während bei einer Ölgabe von 0,025 ccm/Glas (1,5 L) bei Zitronenöl die Pflanzen noch eine durchschnittliche Länge von 70,6 mm erreichten, wurden sie bei derselben Konzentration von Anisöl nur noch 30,5 mm im Mittel lang.

Die Ausrollung der Primärblätter ist nicht mehr vollständig; im Extrem zeigt sich diese Erscheinung beim Einfluss von Eukalyptusöl.

Die aktive Wasserausscheidung war bei einer Konzentration von 0,01 ccm/Glas (1,5 L) Anisöl bereits schlecht, noch schlechter wurde sie, soweit dies noch zu beobachten war, bei den höheren Konzentrationen.

4. Der Einfluss von Rosmarinöl auf Haferkeimlinge

Rosmarinöl gehört zu den Ölen, die in geringen Mengen wirksam sind. Bei Haferkeimlingen, deren Koleoptilen noch nicht vom Primärblatt durchstossen sind, ist eine Konzentration von 0,02 ccm/Glas (1,5 L) bereits so schädlich, dass die Pflänzchen nach ein bis zwei Tagen ihr Wachstum einstellen und somit keine Analyse mehr möglich ist. Für die Versuche kamen die Konzentrationen 0,005; 0,010; 0,015 ccm/Glas (1,5 L) zur Anwendung.

Die Länge der Pflanzen nahm mit steigender Ölkonzentration kontinuierlich ab.

Die Haferpflanzen zeigen eine ganz schwach angedeutete Zonenbildung, allerdings bei weitem nicht so ausgeprägt, wie bei den Pflanzen, die unter dem Einfluss von Zitronenöl gewachsen sind. Auch hier tritt die Erscheinung auf, dass sich die Primärblätter bei höheren Konzentrationen nicht mehr ganz ausrollen können. Das rasche Absterben der Pflanzen bei einer Konzentration von 0,02 ccm/Glas (1,5 L) dürfte zum Teil darauf beruhen, dass gleichzeitig mit dem schlechten Ausrollen auch ein Liegenbleiben der Keimlinge Hand in Hand geht. Die Pflänzchen bleiben auf der feuchten Watte liegen und beginnen zu verfaulen. Der ganze Boden der Versuchsgefäße und auch die liegenden Pflanzen sind mit Schimmelpilzen überzogen.

Da auch die Pflanzen, die unter einer Konzentration von 0,015 ccm/Glas (1,5 L) wuchsen, nicht besonders kräftig waren, sind die Analysen bereits nach 5 Tagen Öleinfluss gemacht worden. Die Ergebnisse der chromatographischen Analysen sind in Tabel-

le 8 zusammengefasst.

Tabelle 8

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	c + x in %	a + b in %	Q $\frac{a+b}{c+x}$
0,000	59,2	40,8	0,69
0,005	54,0	46,0	0,85
0,010	61,3	38,7	0,63
0,015	66,2	33,8	0,51

Die Abbildungen 21 und 22 zeigen die prozentualen Anteile der gelben und grünen Anteile, Abbildung 23 stellt $Q \frac{a+b}{c+x}$ graphisch dar.

Wie aus Tabelle 8 und Abbildung 22 zu ersehen ist, steigt der Anteil der grünen Pigmente bei der Konzentration von 0,005 ccm/Glas (1,5 L) prozentual etwas an, um dann rasch abzusinken. Es ist dies eine ähnliche Erscheinung wie sie bei den Pflanzen, die dem Einfluss von Zitronenöl ausgesetzt waren, auch auftritt. Wie weiter oben schon gesagt wurde, zeigen die beiden Öle in ihrer Wirkung auf Haferkeimlinge eine gewisse Ähnlichkeit, Rosmarinöl wirkt allerdings schon in geringeren Konzentrationen.

0,1 ccm Rosmarinöl wurden in 100 ccm Leitungswasser mit Hilfe eines Multimixgerätes emulgiert und in dieser Emulsion eine grössere Anzahl von Hafersamen angequollen.

Nach 16-stündiger Quellungsdauer wurde mit einem willkürlich entnommenen Teil der Samen der Tetrazoliumtest durchgeführt. 10 keimfähigen Embryonen, die in Leitungswasser gequollen waren, standen nach der topographischen Auswertung des Tetrazoliumtests 6 keimfähige und 4 nicht keimfähige Samen, die in der Emulsion gequollen waren, gegenüber.

Vom verbleibenden Rest wurden 45 Samen - ebenfalls nach 16-stündiger Einquellung in der Ölemulsion - eine Stunde lang unter fliessendem Wasser gewaschen und dann in ein Versuchsglas gegeben; weitere 45 Samen aus der gleichen Emulsion wurden ohne Wässerung sofort in ein Versuchsgefäß gegeben. In den Versuchsgläsern war zur Versorgung der Samen mit Flüssigkeit Watte, die mit Leitungswasser getränkt war. Eine zusätzliche Ölzugabe erfolgte nicht. Nach sechs Tagen waren in beiden Gläsern die Keimlinge sehr schlecht gewachsen. Es zeigte sich, dass das Wässern kein besseres Wachstum gegenüber den ungewässerten Samen ermöglichte.

Ein Teil der Samen, die nach dem Tetrazoliumtest als noch keimfähig anzusprechen sind, hat doch schon so grosse Gewebeschäden erlitten, dass eine "Erholung" nicht möglich ist. Nach dem Tetrazoliumtest wären von 10 Samen 6 noch keimfähig; lässt man die mit der Ölemulsion vorbehandelten Samen nachher in geschlossenen Gläsern weiterwachsen, ergibt sich ein schlechtes Wachstum, das bedeutet, dass nicht nur 40 % der Samen nicht mehr keimfähig sind, sondern dass von den übrigen 60 % ein Teil nachträglich noch eingeht und der Rest schlecht wächst. Erklären kann man dies mit einer Nachwirkung des ätherischen Öles.

5. Der Einfluss von Nelkenöl auf Haferkeimlinge

Das Nelkenöl zeigt in seiner Wirkung auf Haferkeimlinge Anklänge an Eukalyptusöl. So wurden von Nelkenöl relativ hohe Konzentrationen noch vertragen, desgleichen war die Fähigkeit, die Primärblätter auszurollen, gehemmt. Ein Teil der Keimlinge, deren Primärblätter zum Zeitpunkt der Ölzugabe gerade die Koleoptilen durchstossen hatten, zeigte bei einer Konzentration von 0,06 ccm/Glas (1,5 L) noch ein schwaches Längenwachstum. Aber auch hier war der Geotropismus gestört, d.h. die Pflänzchen richteten sich nicht mehr ganz auf. Wegen der geringen Menge und vor allem wegen der schon eingetretenen nekrotischen Veränderungen am Blatt und beginnender Fäulnis wur-

den von dieser Konzentrationsstufe keine Analysen vorgenommen. Für die Versuche wurden folgende Konzentrationen von Nelkenöl verwendet: 0,01; 0,02; 0,04 und 0,06 ccm/Glas (1,5 L).

Die Analysen wurden nach 9 Tagen Öleinfluss gemacht; die Primärblätter hatten beim Zeitpunkt der Ölzugabe die Koleoptilen schon durchstossen. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	a + x in %	a + b in %	Q $\frac{a+b}{c+x}$
0,00	44,4	55,6	1,26
0,01	49,4	50,6	1,12
0,02	51,5	48,5	0,94
0,04	58,2	41,8	0,72

Die Abbildungen 24 und 25 geben die prozentualen Anteile der gelben bzw. grünen Blattfarbstoffe, Abbildung 26 die Abnahme des Quotienten $a+b/c+x$ bei den einzelnen Konzentrationen graphisch wieder.

Beim Nelkenöl steht einem anfangs sehr raschen relativen Absinken der grünen Anteile (von 0,00 zu 0,01 ccm/Glas (1,5 L)) eine schwächere Abnahme von 0,01 zu 0,02 ccm/Glas (1,5 L) gegenüber; danach sinken die Grünanteile wiederum relativ stark ab (von 0,02 zu 0,4 ccm/Glas (1,5 L)).

Der Quotient $a+b/c+x$ nimmt in entsprechender Weise ab.

An den Pflanzen selbst fällt auf, dass mit der steigenden Ölzugabe - beginnend bei 0,01 ccm/Glas (1,5 L) - die Blätter sich immer weniger ausrollen. Hand in Hand damit geht die Erscheinung, dass die Keimlinge nicht mehr in der Lage sind, sich aufzurichten.

Bei dieser Versuchsanordnung (die vorgekeimten Samen werden in den Versuchsgläsern auf feuchte Watte gelegt) kann nur beobachtet werden, wie sich die oberirdischen Teile im Bezug auf den negativen Geotropismus verhalten. Der positive Geotropismus der Wurzeln kann sich nicht klar ausprägen, da die Wurzeln nur so lange senkrecht oder nahezu senkrecht nach unten wachsen können, bis sie am Boden des Glases anstossen; dann biegen sie in horizontale Richtung um.

Eine Verdickung der wachsenden Region, wie MOLISCH sie bei der Einwirkung von Apfelgas beschreibt, tritt nicht ausgeprägt auf. Die Wurzeln erscheinen, wenn die Pflanzen in der Ölatmosphäre gewachsen waren, etwas gestaucht.

Wie die anderen untersuchten ätherischen Öle hemmt auch das Nelkenöl in höheren Konzentrationen die aktive Wasserausscheidung der Pflanzen.

IV. Diskussion der Versuchsergebnisse

Wenn man die zu diesen Versuchen verwendeten ätherischen Öle miteinander vergleicht, sieht man, dass mit Ausnahme des Eukalyptusöles, das noch eigens besprochen werden soll, die Öle sich nur quantitativ, nicht qualitativ, in ihrer Wirkung unterscheiden.

Betrachtet man die Abbildungen 14, 15, 18, 19, 21, 22, 24 und 25, so fällt auf, dass die Werte für die Kontrollen der einzelnen Versuchsreihen bei verschiedenen Punkten liegen.

In den Abbildungen 27, 28 und 29 sind die relativen Anteile der gelben und der grünen Blattfarbstoffe und der Quotient $a+b/c+x$ von Zitronen-, Anis-, Rosmarin- und Nelkenöl dargestellt. Um einen Vergleich des Kurvenverlaufes bei den angegebenen Ölen leichter zu ermöglichen, wurden die positiven und negativen Abweichungen vom als Nullpunkt gewählten Wert für die Kontrollen aufgetragen. Dies konnte umso leichter ge-

schehen, als es, wie schon eingangs erwähnt wurde, nur auf die relative Zu- bzw. Abnahme der Pigmente ankam, nicht auf absolute Mengenangaben; und zwar wegen der starken Beeinflussung der Pigmentbildung durch äussere Faktoren, die nicht ganz ausgeschaltet werden konnten.

STROTT (1938) macht in seiner Arbeit verschiedene Gründe dafür geltend; bei der hier angewendeten Versuchsanordnung dürfte vor allem die Temperatur eine nicht unbeträchtliche Rolle spielen. Dazu kommt noch, dass die relativen Verhältnisse der Blattfarbstoffe zueinander nicht, wie WILLSTÄTTER und STOLL (1918) annahmen, konstant sind, sondern verschieden beeinflusst werden (STROTT, S.2). Vor allem junge Pflanzen, und um diese handelt es sich hier, schwanken sehr stark in der Zusammensetzung der Pigmente; erst nach etwa 2 Wochen wird das Verhältnis etwa konstant.

Die grösste Konzentration wird bei Nelkenöl vertragen. Bei diesem Öl fallen mit steigender Konzentration die relativen Grünanteile nahezu kontinuierlich ab. Dasselbe Bild zeigt sich beim Einfluss von Anisöl, das von den Pflanzen nur in ganz geringen Konzentrationen noch vertragen wird; auch hier sinken die relativen Werte für die Chlorophylle, allerdings wesentlich rascher, ab.

Zitronenöl und Rosmarinöl zeigen zu den zwei vorgenannten Ölen insofern einen Unterschied im Bezug auf ihre Verträglichkeit für Haferkeimlinge, als hier eine Konzentration von 0,005 ccm/Glas (1,5 L) eine gewisse Förderung der grünen Pigmente hervorruft.

Rosmarinöl wird noch bis zu Konzentrationen von 0,015 ccm pro Glas (1,5 L) vertragen; die graphische Darstellung zeigt, dass die relative Abnahme der grünen Anteile von der Spitze bei einer Konzentration von 0,005 ccm/Glas (1,5 L) sehr rasch erfolgt.

Zitronenöl zeigt von der im Vergleich zum Rosmarinöl geringeren Förderung bei 0,005 ccm/Glas (1,5 L) an eine stufenweise

Hemmung. Die relative Abnahme der grünen Farbstoffanteile mit steigender Konzentration erfolgt insgesamt gesehen nicht so rasch.

Wie schon bei der Beschreibung der Einflüsse der einzelnen Öle auf Haferkeimlinge gesagt wurde, beeinflusst Eukalyptusöl weniger die Pigmentbildung als vielmehr die Wuchsform der Keimlinge. Am besten zeigt dies die Abbildung 11. Sobald die Primärblätter nicht mehr ausgerollt werden, ist nur die morphologische Unterseite des Blattes der Luft und damit der Öl-atmosphäre ausgesetzt. Bei der Betrachtung der Kurven (s. Abb. 17 und 18), die sich aus den chromatographischen Analysen der Pigmente ergaben, und der Abbildung 11 über die Wuchsform fällt auf, dass bei der Konzentration von 0,06 ccm/Glas (1,5 L) einerseits der relative Anteil der Chlorophylle ansteigt und andererseits hier das Primärblatt völlig eingerollt bleibt ⁺), ganz abgesehen von der Krümmung, die offenbar durch den gestörten Geotropismus hervorgerufen wird. Um zu einer Erklärung für diese Erscheinung zu kommen, wurden die bei den verschiedenen Ölkonzentrationen gewachsenen Haferpflanzen auf ihren Wuchsstoffgehalt untersucht (s. Tab. 3 S. 10). Dabei zeigte sich, dass die durchschnittliche Zuwachsrate der Koleoptilylinder in den einzelnen Extrakten um 20 % - d.h. von 5,5 mm beim unbehandelten Hafer auf 4,4 mm in dem Extrakt von dem am stärksten behandelten Hafer (0,06 ccm/Glas (1,5 L)) abnahm. Betrachtet man Tabelle 2 (s. S. 9), so fällt auf, dass die Kontrollpflanzen bei Versuchsende mehr als doppelt so lang waren als die Pflanzen, die in einer Ölatmosphäre von 0,06 ccm/Glas (1,5 L) gewachsen waren.

Die starke Krümmung der Pflanzen lässt sich nicht allein durch die verschiedenen Wuchsstoffmengen erklären. Das Unvermögen der Primärblätter, geotrop zu reagieren, ist unter Umständen auf eine g e s t ö r t e P o l a r i s i e r u n g , die

⁺) Es wäre denkbar, dass die Einrollung eine teilweise Abschirmung der Blattspreite bedeutet und damit auch die Chlorophyllhemmung gemässigt wird.

durch das Öl hervorgerufen wird, zurückzuführen.

Das Zusammentreffen der oben beschriebenen Faktoren legt die Vermutung nahe, dass die Öldämpfe nicht über die Unterseite des Blattes einwirken sondern über die Oberseite. Bei Pflanzen, die unter dem Einfluss verschiedener ätherischer Öle standen, wurden mikroskopisch die Spaltöffnungen untersucht und ausgezählt. Dabei ergaben sich keine Unterschiede zu den Kontrollpflanzen.

Die Ergebnisse der Versuche, die mit einer Emulsion von 0,1 ccm Rosmarinöl in 100 ccm Leitungswasser durchgeführt wurden, zeigten, dass die ätherischen Öle eine gewisse *Nachwirkung* haben. Nachdem die Samen 16 Stunden in dieser Emulsion zum Quellen gelegen waren, kamen sie in die Versuchsgläser und sollten dort auskeimen. Kontrollsamens, die 16 Stunden in Leitungswasser lagen, keimten in der zu erwartenden Zahl aus (der verwendete Hafer hatte eine garantierte Keimkraft von 94 %). Von den vorbehandelten Samen hätten nach dem Tetrazoliumtest etwa 60 % auskeimen sollen, aber von 45 Samen keimten nur ungefähr 10 % aus. Dies wäre damit zu erklären, dass an der Samenschale noch Öl anhaftet, das ausreicht, im verschlossenen Glas eine Ölatmosphäre herzustellen, die dann ihrerseits das Keimen hemmt. Dem widerspricht aber die Tatsache, dass die Samen, die nach der 16-stündigen Einquellung in der Emulsion eine Stunde im fließenden Wasser gespült wurden, keine höhere Keimungsrate erreichten als die ungewässerten. Beim Öffnen der Gläser mit den gewässerten Samen war kaum ein Ölgeruch wahrnehmbar im Gegensatz zu den Gläsern mit den ungewässerten Samen.

Ein weiterer Versuch mit Samen, die in Ölemulsion eingequollen waren, wurde so durchgeführt, dass die Samen nicht in Gläser kamen sondern in Blumentöpfe mit Erde gesteckt wurden. Auch bei dieser Anordnung kam es zu keiner besseren Keimung, obgleich man hier eine Adsorption des Öles an die Bodenkolloide hätte erwarten können.

Eine ähnliche Nachwirkung des Öles konnte auch in einem an-

deren Falle beobachtet werden. Zu den 45 Keimlingen, die in der üblichen Weise in Sägemehl angezogen waren, wurde Zitronenöl in einer Konzentration von 0,015 ccm/Glas (1,5 L) zugegeben. Nach 48 Stunden wurden die Gläser geöffnet, die Pflanzen mit der bereits durchgewurzelten Watte herausgehoben, die Pflanzen und die Watte mit Wasser abgespült und in ein frisches Glas gegeben. Die Pflanzen konnten bei Luftzutritt (das Glas blieb offen und die Watte wurde jeden Tag angefeuchtet) weiterwachsen. Sie zeigten aber weder im Längenwachstum noch in der Pigmentbildung merkbliche Unterschiede zu den Pflanzen, die derselben Menge Zitronenöl während der ganzen Versuchsdauer ausgesetzt waren.

Wurde dagegen zu 8 cm hohen Pflanzen Zitronenöl in einer Konzentration von 0,02 ccm/Glas (1,5 L) gegeben, zeigte sich keine fassbare Einwirkung dieser für jüngere Pflanzen mehr schädlichen Konzentration. An dieser Stelle sei auf das Protokoll auf Seite 5 verwiesen, das zeigt, dass mit zunehmendem Alter gleich hohe Ölkonzentrationen immer besser vertragen werden.

Die Nachwirkung des Öles bei Saatgut und Keimlingen, deren oberirdische Teile 20 bis 25 mm hoch waren, einerseits und die Unempfindlichkeit älterer Pflanzen andererseits, lässt den Schluss zu, dass ätherische Öle hauptsächlich bei ganz jungen Pflanzen wirken. Es wäre hierbei daran zu denken, dass die Öle die Samenschale passieren können und dann über die Reservestärke und -albumine wirken. Vielleicht wandern die Öle innerhalb der Pflanze mit dem Zucker und wirken von innen her auf die Chloroplasten (TEODORESCO konnte eine Änderung der Permeabilitätsverhältnisse der Zellen unter dem Einfluss von ätherischen Ölen feststellen). Eine zweite Wirkungsweise wäre ein Angriff auf das Enzymsystem (geringere Atmung, geringere Umwandlung und geringerer Abbau der Reservestoffe und dadurch geringeres Wachstum) und die Polarisierung und vielleicht auch auf den Wuchsstoffhaushalt (gestörtes geotropes Wachstum). Eine Störung der Atmungskette scheint auch aus letztem Umstand wahrscheinlich.

Die Öle wurden - mit Ausnahme der Versuche, bei denen die Samen in Ölemulsion eingequollen wurden - in Dampfform den Keimlingen geboten. Die Ergebnisse, die mit Eukalyptusöl erzielt wurden, weisen darauf hin, dass die Öle auch direkt über das Blatt eingreifen.

HEILBRONN konnte den Nachweis erbringen, dass ätherische Öle einen Adsorptionsfilm auf der Blattoberfläche bilden. Dieser bedingt eine "Herabsetzung der Wasserpermeabilität der Grenzschicht Luft" wasserimbibierte Membran" (HEILBRONN, 1953). Auf diesem Überzug des Blattes dürfte die herabgesetzte aktive Wasserausscheidung, die bei höheren Konzentrationen aller verwendeten Öle beobachtet wurde, beruhen. Auch hier wäre an eine p h y s i k a l i s c h e Hemmung der Atmung zu denken, da die Gasdiffusion (CO_2 , O_2) durch den Ölfilm verändert wird.

An dieser Stelle soll ein Versuch, der mit Kresse durchgeführt wurde, eingefügt werden. In ein 30 cm hohes Glas wurde auf den Boden Watte gegeben, diese angefeuchtet und 1,5 g Kressesamen daraufgegeben. Am Plexiglasdeckel wurde ein 12 cm langer Stab befestigt, der an seinem unteren Ende eine Plexiglasscheibe trug. Diese Scheibe wurde mit einem Band versehen, um die daraufliegende Watte feucht zu halten. Auf diese Watte wurden ebenfalls 1,5 g Kresse gesät und diese zwei Tage in normaler Luft angekeimt. Dann wurden 0,06 ccm Zitronenöl zugegeben und das Glas mit Paraffin dicht verschlossen (s. Abb. 30).

Nach vier Tagen zeigte sich, dass die Pflanzen im "oberen Stockwerk" höher und kräftiger waren als die am Boden gewachsenen. Dies ist auf der Abbildung 30 gut zu erkennen.

Dieses unterschiedliche Wachstum in verschiedener Höhe bedeutet, dass innerhalb des Glases ein Konzentrationsgefälle herrscht, d.h. dass die Öldämpfe absinken.

Vielleicht ist dies ein Grund dafür, dass bei älteren und somit schon höher gewachsenen Haferpflanzen das Öl, zumindest in den verwendeten Konzentrationen, nicht mehr so stark wirkt.

Die messbaren Einflüsse der ätherischen Öle sind zum Teil sehr stark. Über den Chemismus der Pigment- und Wuchsstoff-

bildung ist jedoch noch zu wenig bekannt, als dass man aussagen könnte, an welchen Stellen die Öle in den pflanzlichen Stoffkreislauf eingreifen. Es gibt sicher, analog der pflanzlichen Atmung, verschiedene Wege.

V. Z u s a m m e n f a s s u n g

Bei den vorliegenden Untersuchungen über den Einfluss verschiedener ätherischer Öle auf Haferkeimlinge zeigten sich folgende Wirkungen auf die Pigmentbildung und das Wachstum:

1. Alle untersuchten ätherischen Öle beeinträchtigten das Längenwachstum der Haferkeimlinge in der Weise, dass mit steigender Ölmenge die Länge der Pflanzen mehr oder weniger kontinuierlich abnahm.
2. Eukalyptusöl beeinflusste in erster Linie das Längenwachstum und die Wuchsform der Pflanzen. Die Primärblätter rollten sich umso schlechter aus, je höher die Konzentrationen waren (es kamen Mengen von 0,02 bis 0,08 ccm/Glas (1,5 L) zur Anwendung. Mit gleich ansteigender Ölzugabe war die geotrope Reaktion der Pflanzen immer mehr gestört, d.h. die Keimlinge konnten sich nicht mehr aufrichten. Dies beruht wahrscheinlich auf einer Änderung der Polarisierung im Gewebe, nicht auf einer Abnahme des Wachstoffsstoffgehaltes in den Pflanzen.
3. Bei Zitronenöl wurde mit Konzentrationen von 0,005 bis 0,025 ccm/Glas (1,5 L) gearbeitet. Dieses Öl bewirkt mit steigender Menge eine relative Abnahme der grünen und einen relativen Anstieg der gelben Farbstoffanteile. Bei ganz schwacher Dosis förderte es in geringem Grade die Ausbildung der Chlorophylle.
4. Anisöl wurde nur bis zu einer Zugabe von 0,01 ccm/Glas (1,5 L) von den Haferkeimlingen vertragen. Es wirkte von den untersuchten Ölen am stärksten auf die Pigmentbildung

ein; die grünen Blattfarbstoffe nehmen relativ sehr stark ab, dies führt zu einer prozentualen Verschiebung zugunsten der gelben Komponenten.

5. Rosmarinöl übt einen ähnlichen Einfluss auf die Pflanzen aus wie Zitronenöl, allerdings waren nur Mengen bis zu 0,015 ccm/Glas (1,5 L) verträglich. Auch hier fördert eine Gabe von 0,005 ccm/Glas (1,5 L) die Ausbildung der grünen Pigmente, bei höheren Konzentrationen steigen prozentual die gelben Anteile an.
6. Nelkenöl erlaubte noch bis zu einer Konzentration von 0,04 ccm/Glas (1,5 L) eine chromatographische Untersuchung der Blattpigmente. Es ergab sich mit steigender Ölmenge ein nahezu kontinuierliches relatives Absinken der Chlorophylle. Auch hier ist eine Störung des Geotropismus zu erkennen, allerdings ist sie nicht so stark ausgeprägt wie bei den Pflanzen, die dem Einfluss von Eukalyptusöl unterlagen.
7. Um zu prüfen, wie die ätherischen Öle auf die Pflanzen einwirken, wurde an Hafersamen der Keimfähigkeits-Test mit 2,3,5-Triphenyl-Tetrazoliumchlorid-Lösung nach LAKON eingesetzt, der die Unterscheidung von nekrotischen Bezirken vom lebenden Gewebe gestattet. Dabei zeigte sich, dass der Test nicht empfindlich genug ist, die Nachwirkungen der ätherischen Öle zu erfassen.
8. Es kommt sehr darauf an, in welchem Stadium die Pflanzen der Atmosphäre von ätherischen Ölen ausgesetzt wurden; mit zunehmendem Alter nimmt die Empfindlichkeit der Keimlinge ab.
9. Im Bezug auf die Verträglichkeit durch die Keimlinge ergibt sich eine Reihe der untersuchten Öle. Eukalyptusöl wird in der stärksten Konzentration vertragen, darauf folgen Nelkenöl, Zitronenöl, Rosmarinöl und mit der geringsten verträglichen Menge Anisöl.

- Abb.1 Versuchsglas: Am Boden befindet sich der Hafer, auf das Filterpapier wurde Öl aufgetropft
- Abb.2 Apparatur zur Gewinnung ätherischer Öle
- Abb.3 Eichkurve für Carotin
Schichtdicke: 20 mm, Filter: S 47
- Abb.4 Eichkurve für Xanthophyll
Schichtdicke: 20 mm, Filter S 47
- Abb.5 Eichkurve für Chlorophyll a
Schichtdicke: 20 mm, Filter: S 66
- Abb.6 Eichkurve für Chlorophyll b
Schichtdicke: 20 mm, Filter: S 64
- Abb.7 Prozentualer Anteil von Carotin + Xanthophyll
- Abb.8 Prozentualer Anteil von Chlorophyll a + Chlorophyll b
- Abb.9 Graphische Darstellung des Quotienten $a+b/c+x$
- Abb.10 Graphische Darstellung der mittleren Längen
- Abb.11 Wuchsformen von Hafer, der unter verschiedenen Konzentrationen von Eukalyptusöl stand; Konzentrationen von links nach rechts: 0,00; 0,02; 0,04; 0,06 und 0,08 ccm/Glas (1,5 L). Das Pflänzchen ganz rechts war schon in Fäulnis übergegangen.

Abb.12 Bestimmung der Keimfähigkeit
von Getreide mit Tetrazolium-
salzen.

+ = keimfähig
- = nicht keimfähig

Abb.13 Graphische Darstellung der
mittleren Längen

Abb.14 Prozentualer Anteil von
Carotin + Xanthophyll

Abb.15 Prozentualer Anteil von
Chlorophyll a + Chlorophyll b

Abb.16 Graphische Darstellung des
Quotienten $a+b/c+x$

Abb.17 Unten Kontrollpflanze, oben Pflanze,
die unter dem Einfluss von 0,015 ccm
pro Glas (1,5 L) Zitronenöl gewachsen
war.

Abb.18 Prozentualer Anteil von
Carotin + Xanthophyll

Abb.19 Prozentualer Anteil von
Chlorophyll a + Chlorophyll b

Abb.20 Graphische Darstellung des
Quotienten $a+b/c+x$

Abb.21 Prozentualer Anteil von
Carotin + Xanthophyll

Abb.22 Prozentualer Anteil von
Chlorophyll a + Chlorophyll b

- Abb.23 Graphische Darstellung des Quotienten $a+b/c+x$
- Abb.24 Prozentualer Anteil von Carotin + Xanthophyll
- Abb.25 Prozentualer Anteil von Chlorophyll a + Chlorophyll b
- Abb.26 Graphische Darstellung des Quotienten $a+b/c+x$
- Abb.27 Relatives Verhalten von Carotin + Xanthophyll unter dem Einfluss von Zitronen-, Anis-, Rosmarin- und Nelkenöl.
- Abb.28 Relatives Verhalten von Chlorophyll a + Chlorophyll b unter dem Einfluss von Zitronen-, Anis-, Rosmarin- und Nelkenöl.
- Abb.29 Relatives Verhalten des Quotienten $a+b/c+x$ unter dem Einfluss von Zitronen-, Anis-, Rosmarin- und Nelkenöl.
- Abb.30 Versuchsglas, in dem Kresse unter dem Einfluss von Zitronenöl in verschiedenen Höhen wächst.

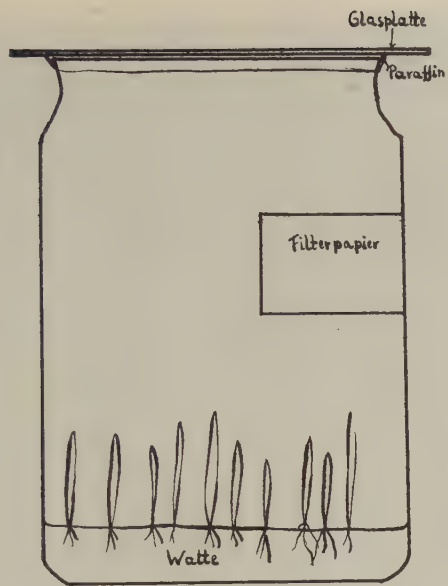


Abb. 1

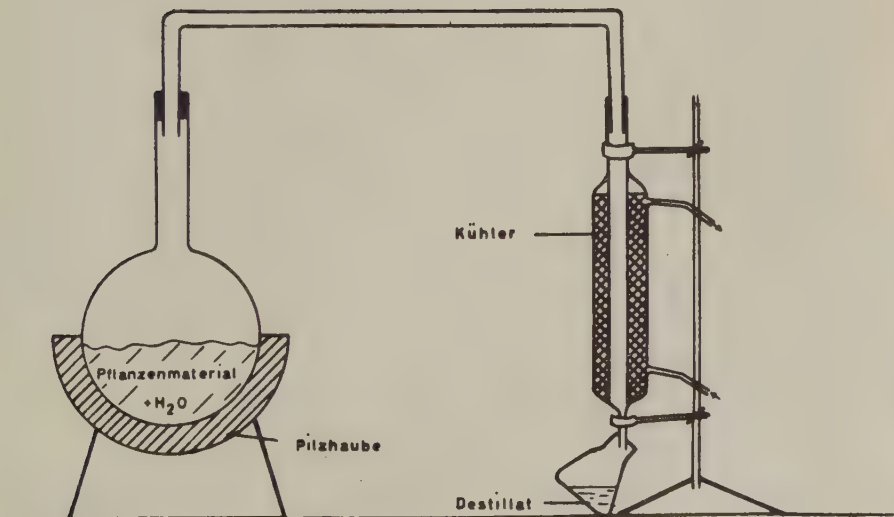


Abb. 2

↑

E

0.2

0.4

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0.0

Xanthophyll

Carotin

Chlorophyll a

Chlorophyll b

Fig. 3-6

λ

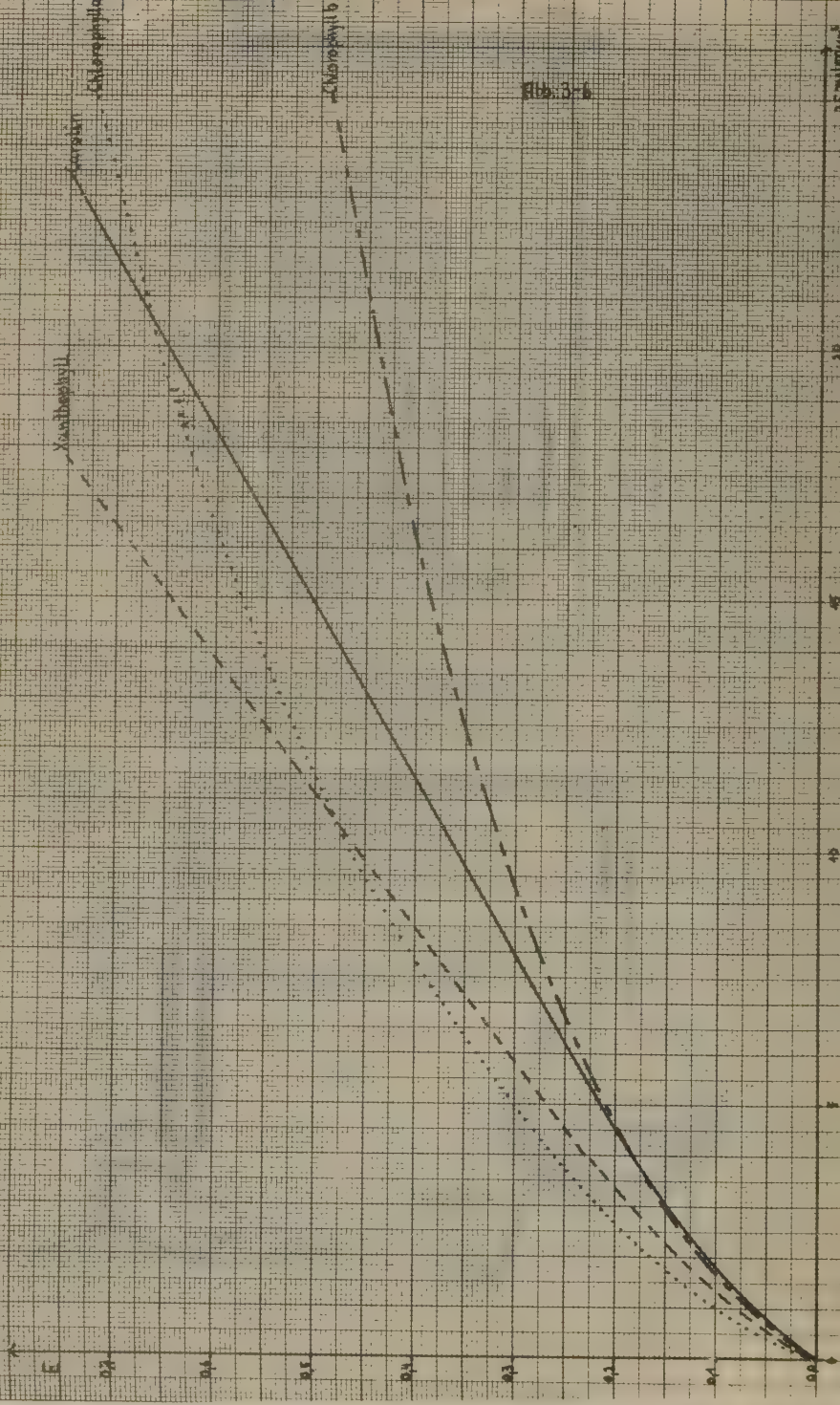
40

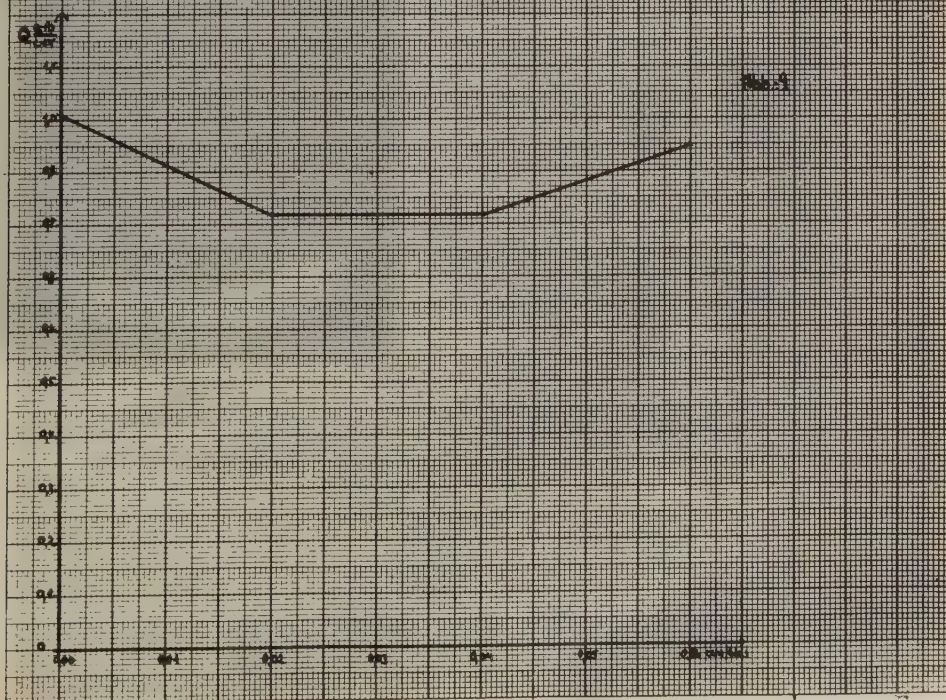
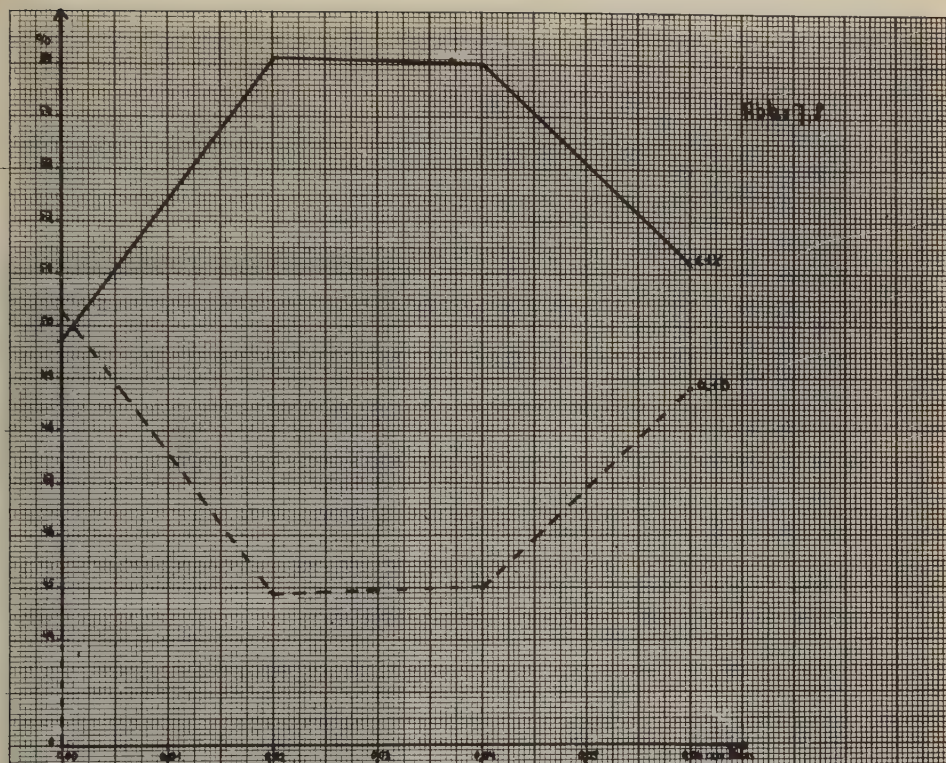
50

60

70

25 millimicrons





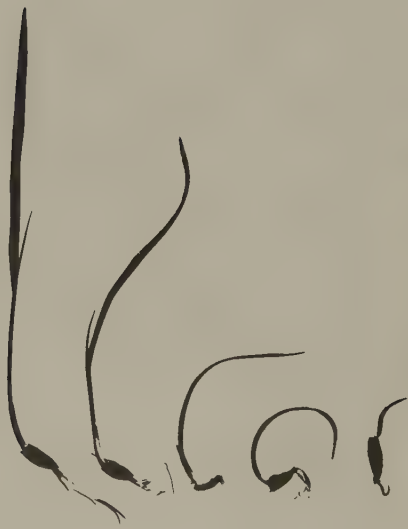


Abb. 11

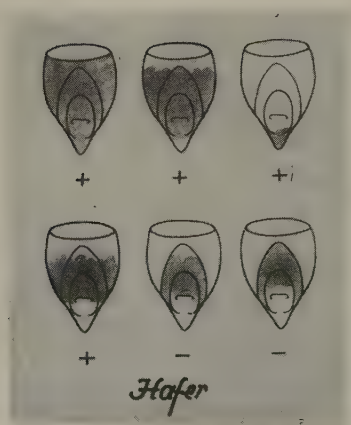


Abb. 12

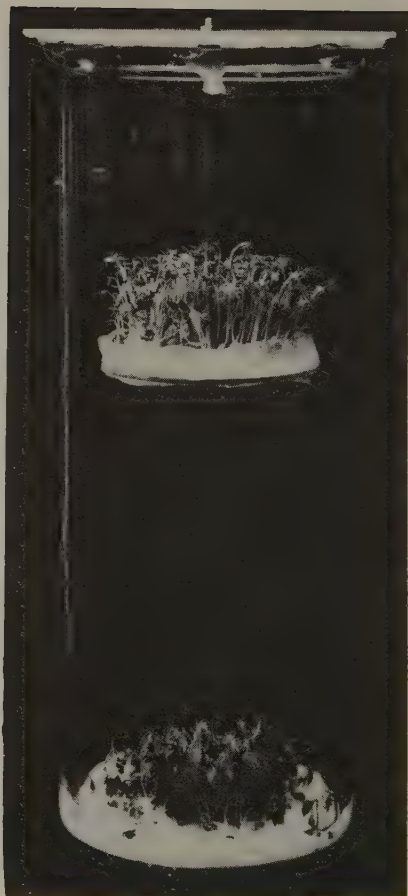


Abb. 30

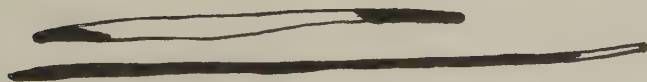
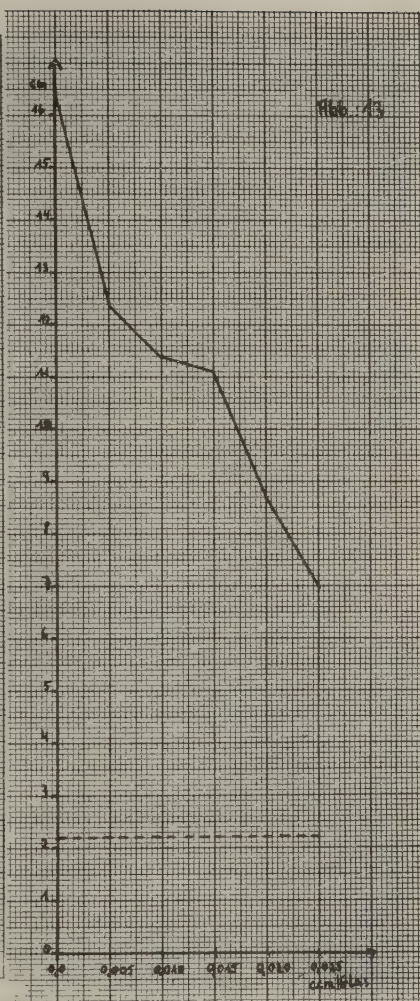
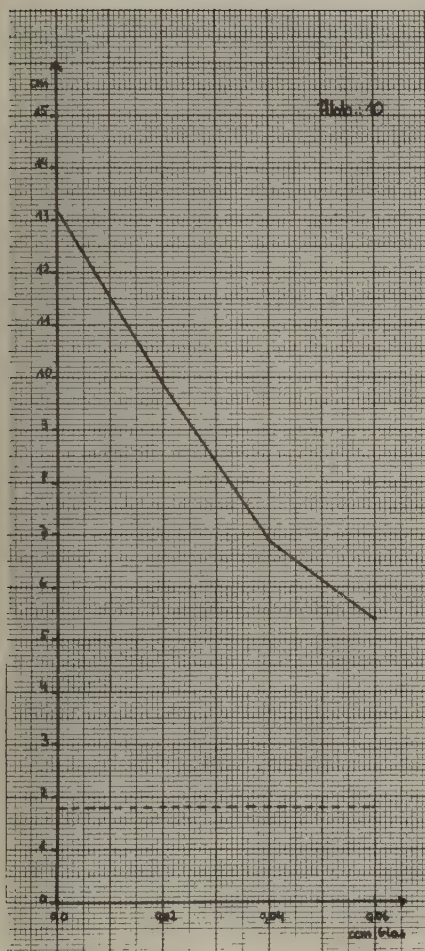
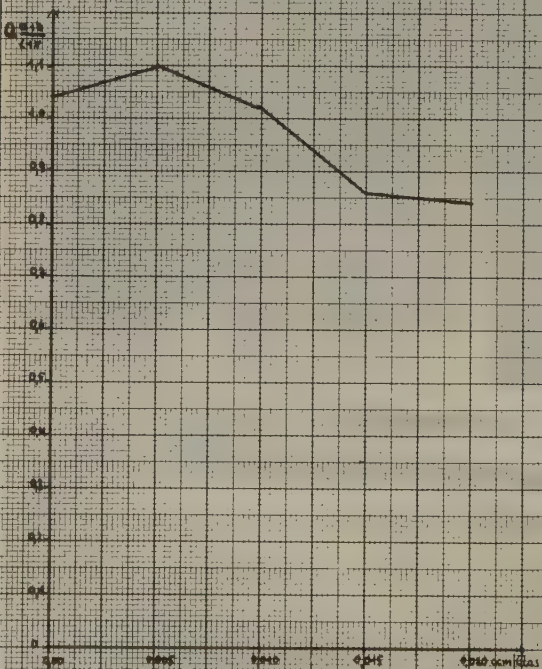
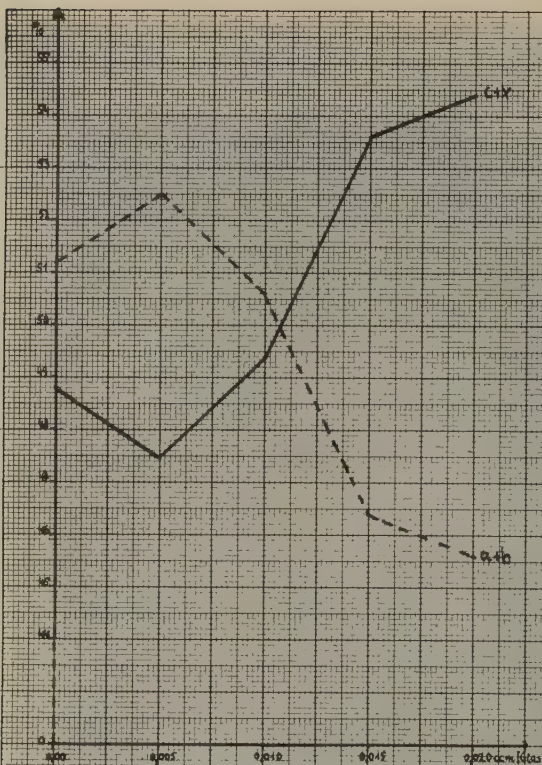


Abb. 17



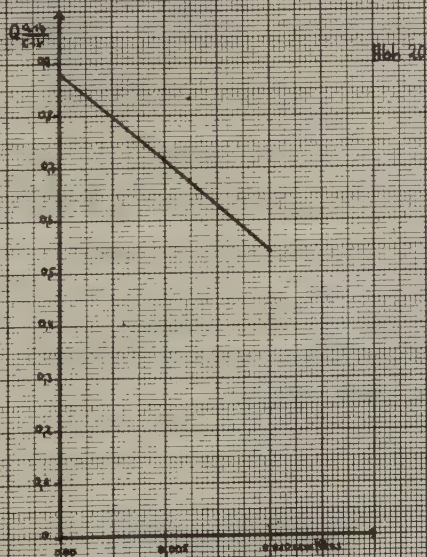
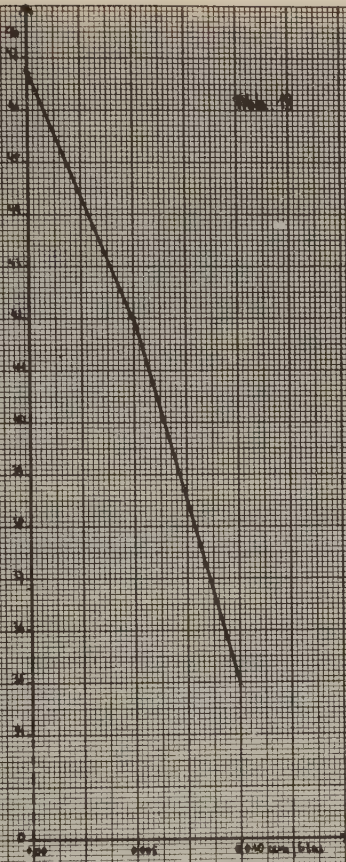
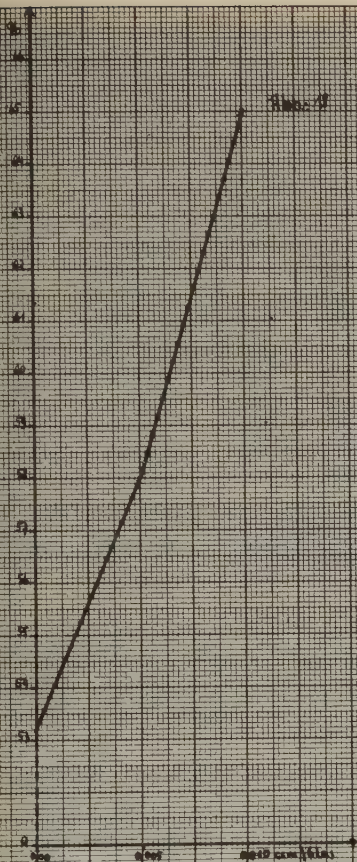


Tabelle 1 ^{†)}

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	c + x in %	a + b in %	Q $\frac{a+b}{c+x}$
0,00	49,7	50,3	1,01
0,02	55,1	44,9	0,82
0,04	55,0	45,0	0,82
0,06	51,2	48,8	0,95

Die Kurven geben die graphische Darstellung der prozentualen Anteile der gelben (Abb.7) und der grünen (Abb.8) Pigmente und den Quotienten $a+b/c+x$ (Abb.9) wieder.

Betrachtet man die Kurven auf Abbildung 7 und 8, die das graphische Bild des Verhaltens der gelben und grünen Komponenten geben, so zeigt sich kein einfacher Zusammenhang zwischen Konzentration von Eukalyptusöl und Pigmentanteilen.

Gleichzeitig mit den Analysen wurden Längenmessungen durchgeführt. Diese Werte und die Auszählungen der von 45 noch lebenden Pflanzen sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Abbildung 10 gibt die mittleren Längen der unter den verschiedenen Konzentrationen gewachsenen Pflanzen graphisch wieder.

^{†)} In den Tabellen 1, 6, 7, 8 und 9 bedeutet:

c + x = Carotin + Xanthophyll

a + b = Chlorophyll a + Chlorophyll b

Q $\frac{a+b}{c+x}$ = Quotient Chlorophyll a + Chlorophyll b/Carotin + Xanthophyll.

Es sind stets nur Relativwerte angegeben.

Die niedrigen Quotienten $a+b/c+x$ dürften allgemein bei den Kontrollen auf einem gewissen Lichtmangel gegenüber dem Tageslicht beruhen; ausserdem sind die Pflanzen im Zustand der Analysen noch sehr jung.

Tabelle 2

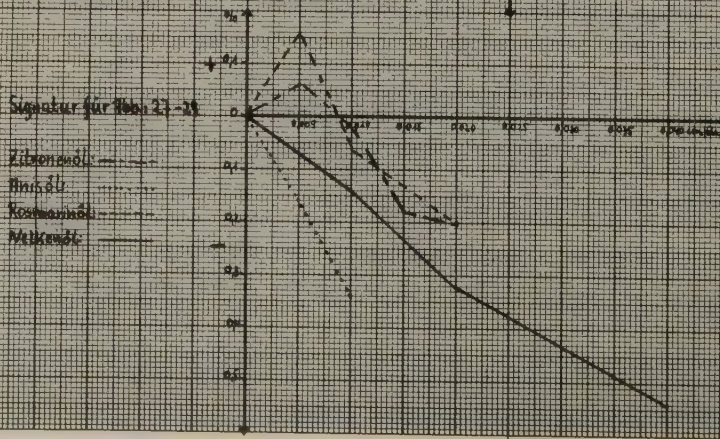
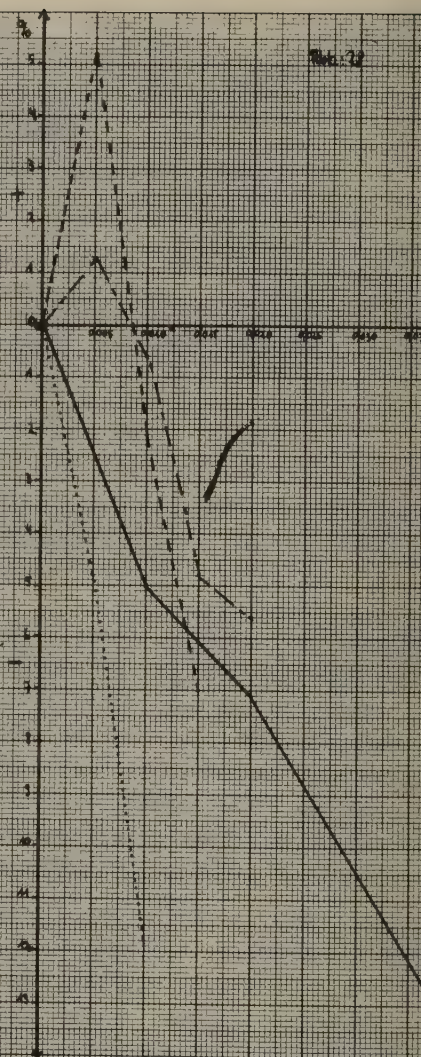
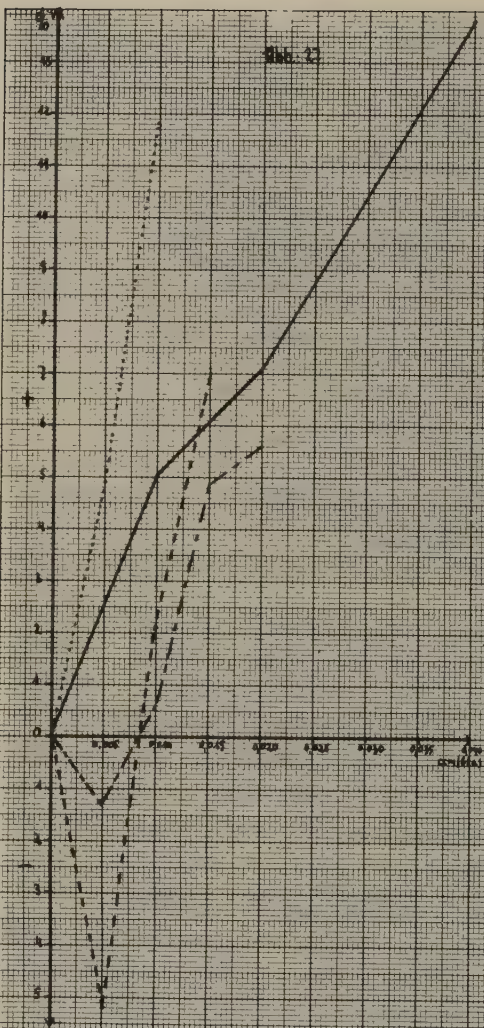
Mittlere Ausgangslänge: 17,8 mm

Konzentration in ccm/Glas (1,5 L)	Länge in mm			Längenzunahme in %	Anzahl der lebenden Pflanzen
	Min.	Max.	Med.		
0,00	103	153	132,2	742,6	43
0,02	82	117	99,1	556,1	35
0,04	50	87	69,3	389,3	29
0,06	40	75	54,1	304,0	18
0,08	Am ersten Tag bis auf 3 abgestorben, keine messbare Längenzunahme, verfault.				

Wie schon oben gesagt, ist die Verschiebung der Anteile der gelben und grünen Pigmente visuell nicht oder kaum zu erkennen. Auffällig dagegen ist die Wuchsform der Haferpflanzen, die unter dem Einfluss verschieden hoher Konzentrationen von Eukalyptusöl standen. Wie auf Abbildung 11 zu sehen ist, rollen sich die Primärblätter mit steigender Konzentration immer schlechter aus. Vielleicht noch bedeutsamer ist, dass die Pflanzen sich nicht mehr aufrichten.

MOLISCH (1937, S.76) beschreibt eine Störung des Geotropismus durch den Einfluss von Äthylen, Gas von Äpfeln ausgeschieden wird. Da die Wirkung von Äthylen in vielem der von ätherischen Ölen sehr ähnlich ist, ist es interessant, die Beobachtungen von MOLISCH mit dieser Erscheinung zu vergleichen. Er schreibt: "Das Apfelgas wirkt auf die wachsende Region und nicht auf den schon ausgewachsenen Stengelteil ein. Dieser bleibt unverändert. Die noch wachsende, knapp unter der Knospe befindliche Zone zeigt hingegen zwei wichtige Veränderungen. Diese verkrümmt sich, krümmt sich gewöhnlich mehr oder minder horizontal und wächst dann in dieser Richtung weiter."

kleine Mengen von Haferpflanzen, die unter dem Einfluss von Eukalyptusöl in den Konzentrationen 0,00; 0,02; 0,04 und 0,06



VII. Literaturverzeichnis

- BÄSSLER, F.A.: Der Einfluss von Duftstoffen auf die Keimung von Lathyrus odoratus. Madaus Jber. 2, 133-137, 1938
- BODE, N.R.: Über die Blattausscheidung des Wermuts und ihre Wirkung auf andere Pflanzen. Planta 30, 566, 1939
- BONNER, J.: The role of toxic substances in the interactions of higher plants. Bot. Review 16, 51-65, 1950
- BOURNOT, R.: Über die Einwirkung von Duftstoffen auf den lebendigen Organismus. Die Pharmazie 4, 81-86, 1949
- BRAUNER, L. u. HAGER, A.: Über die geotropische "Mneme". Die Naturwissenschaften 44, Heft 15, 429/30, 1957
- BUKATSCH, F.: Pflanzliche Wirkstoffe. Naturw. Rundschau, Heft 4, 154-159, 1955
- COUPIN, H.: La toxicité comparée des essences végétales. C.r.Acad.Sci. Paris 152a, 529-531, 1911
- DAVIS, E.F.: The toxic principle of Juglans nigra as identified with synthetic Juglone, and its toxic effect on Tomatoe and Alfalfa plants. Amer.J.Bot. 15, 620, 1928
- DETTO, C.: Über die Bedeutung der ätherischen Öle bei Xerophyten. Flora 92, 147-199, 1903
- DEUTSCHES ARZNEIBUCH: 6.Ausgabe, S.XXXIX, XL. R.v.DECKERS Verlag, Berlin, 1926
- DIETZ, M.: Chromatographie von Oenotheren. Zulassungsarbeit München, 1955
- ELMER, O.H.: Growth inhibition of potatoe sprouts by the volatile products of Apples. Science 75, 193, 1932
- EUE, L.: Angewandte Methode zur Chlorophyllbestimmung. Zeitschr.f.indukt. Abst. u. Vererbungslehre 85, 400, 1953
- EVENARI, M.: Germination inhibitors. Bot. Review 15, 153-194, 1949

- FREY-WYSSLING, A.: Die Stoffausscheidungen der höheren Pflanzen. Springer Verlag, Berlin, 1935
- FUNKE, G.L.: The influence of *Artemisia absinthium* on neighbouring plants. *Blumea* 5, 281-293, 1943
- GILDEMEISTER, E. u. HOFFMANN, F.: Die ätherischen Öle. Auflage, Akademie-Verlag, Berlin, 1956
- GRÜMMER, G.: Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen- Allelopathie. Fischer Verlag, Jena, 1955
- GUTTENBERG, H.v. u. STEINMETZ, E.: Der Einfluss des Äthylens auf Wuchsstoff und Wachstum. *Pharmazie* 2, 17-21, 1947
- HAGER, A.: Zur Chromatographie der lipoid-löslichen Blattfarbstoffe. *Planta* 48, 592-622, 1957
- HAGER, A.: Über den Einfluss klimatischer Faktoren auf den Blattfarbstoffgehalt höherer Pflanzen. *Planta* 49, 523-560, 1957
- HEILBRONN, A.: Über die ökologische Bedeutung der ätherischen Öle. Proceedings of the 7th International Botanic Congress 1950 Stockholm: ALMQUIST and VIKSELL, 1953
- HEILBRONN, A.: Über einen Mechanismus der Transpirationserniedrigung durch ätherische Öle. Die Naturwissenschaften 43, Heft 3, 64, 1956
- HELLER, A.: Über die Wirkung ätherischer Öle und einiger verwandter Körper auf die Pflanze. *Flora* 93, 1-31, 1904
- HÖBER, R.: Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 5. Auflage, Engelmann Verlag, Leipzig, 1922
- HÖHN, K. und ELFERT, A.: Die Wirkung ätherischer Öle auf Transpiration, Guttation und Wachstum von Hafer. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 33, Heft 1, 1-16, 1957
- JOOS, G.: Die Wirkung von ätherischen Ölen auf die Keimung von Samen von *Lepidium sativum* L.. Zulassungsarbeit München, 1952

- KLOSE, J.: Über einige, die Keimung von Samen und das Wachstum von Bakterien hemmende Substanzen aus Vegetabilien. Die Pharmazie 3, 410-413, 1948
- KLOSE, J.: Über einige, die Keimung von Samen und das Wachstum von Bakterien hemmende Substanzen aus Vegetabilien. Die Pharmazie 4, 574-578, 1949
- KÖCKEMANN, A.: Zur Frage der keimungshemmenden Substanzen in fleischigen Früchten. Beih. Bot.Zbl. A 55, 191-196, 1936
- KUHN, R. u.
BROCKMANN, H.: Bestimmung von Carotinoiden. Hoppe-Seyler's Zeitschrift für Physiol.Chemie 206, 41-64, 1932
- KÜSTER, E.: Über chemische Beeinflussung der Organismen durcheinander. Vortrag vom 9.12.1908. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, Heft VI, 1-25, Leipzig, 1909
- LAKON, G.: Keimprüfung mit Tetrazoliumchlorid. Ber.d.dtsch. Bot.Ges. 60, 299, 439, 1942
- LINSER, H. u.
KIERMAYER, O.: Methoden zur Bestimmung pflanzlicher Wuchsstoffe. Springer Verlag, Wien, 1957
- MADAUS, G.: Experimenteller Nachweis der wachstumsfördernden Wirkung von Blattausscheidungen. Madaus Jber. 1, 39-41, 1937
- MADAUS, G.: Heilpflanzen Bd. 1, S.239. Thieme Verlag, Leipzig, 1938
- MADAUS, G. u.
THREN, R.: Über die gegenseitige Beeinflussung von Nachbarpflanzen. Versuche mit Lobelia inflata. Madaus Jber. 4, 60-65, 1940
- MOLISCH, H.: Der Einfluss einer Pflanze auf die andere. Allelopathie. Fischer Verlag, Jena, 1937
- NEMEC, A. et
STRANAK, F.: Contribution à l'étude de l'influence toxique des terpènes à l'égard de quelques végétaux supérieurs. Rev.gén.Bot. 32, 241-246, 1920

- PAECH, K.: Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1950
- RUGE, U.: Übungen zur Wachstums- und Entwicklungsphysiologie der Pflanze. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1951
- SEYBOLD, A. u. EGLE, K.: Zur chromatographischen Methode der Blattpigmente. *Planta* 29, 114-118, 1938
- SIGMUND, W.: Über die Einwirkung von Stoffwechselprodukten auf die Pflanzen I, II, III. *Biochem. Z.* 62, 299-338, 339-386, 1914; *Biochem. Z.* 146, 389-419, 1924
- SPOHN, H.: Einfache Methode zur Trennung der Blattfarbstoffe. *Planta* 23, 657 bis 661, 1935
- STEINER, M. u. HOCHHAUSEN, I.: Untersuchungen an Umbelliferenfrüchten über Veränderung des Gehaltes an ätherischen Ölen bei der Reife und Lagerung und seine Beeinflussung durch Aussenfaktoren. *Biol. Zbl.* 73, Heft 5/6, 283-296, 1954
- STOLL, A. u. SEEBECK, E.: Über Alliin, die genuine Substanz des Knoblauchöls. *Experientia* 3, 114-115, 1947
- STOLL, A. u. SEEBECK, E.: Die Synthese des natürlichen Alliins. *Experientia* 6, 330, 1950
- STROTT, A.: Der Einfluss der Umwelt auf die Ausbildung der Chloroplastenfarbstoffe. *Jahrb.f.wissenschaftliche Botanik* 86, 2-31, 1938
- TEODORESCO, M.E.C.: L'athermanéité des essences végétales et la transpiration. *Revue gén. Bot.* 35, 382-398, 455-464, 509-519, 566-576, 1923
- ULLMANN, S.B.: On germination inhibitors. Essential oils, alkaloids and glucosides as inhibitors of germination and growth. *Ph.D.Thesis* (Dissertation), Jerusalem, 1940

WAKS, C.:

The influence of extract from
Robinia pseudacacia on the growth
of barley. Publ. Fac. Sci. Univ. Char-
les, Prague 150, 84-85, 1936

WILLSTÄTTER, R. u.
STOLL, A.:

Untersuchungen über die Assimila-
tion der Kohlensäure. Springer
Verlag, Berlin, 1918

ZECHMEISTER, L. u.
CHOLNOKY, L.v.:

Die chromatographische Adsorptions-
methode. 2. Auflage, Springer Ver-
lag, Wien, 1938.

S c h l u s s w o r t

Für die Überlassung des Themas und das freundliche Interesse an dieser Arbeit, sowie für wertvolle Hinweise möchte ich auch an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer,

Herrn Professor Dr.F.BUKATSCH,

von Herzen danken.

Weiterhin danke ich dem Vorstand des Botanischen Institutes der Universität München, Herrn Professor Dr.L.BRAUNER, für die Ermöglichung der Durchführung dieser Arbeit.

Zu danken habe ich noch Herrn Dr.A.HAGER für freundliche Unterstützung durch Rat und Tat, und der Firma MAD AUS, Köln, für die Überlassung von Sonderdrucken ihrer Jahresberichte.

Lebenslauf

Am 17. Januar 1930 wurde ich als Tochter des Regierungsrates Franz MEIER und seiner Ehefrau Anna, geb. SCHLICHT, in München geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in München von 1936 bis 1940 trat ich Ostern 1940 in das Max-Josef-Stift (Staatliche Oberschule für Mädchen) in München ein. Von 1945 bis 1948 gehörte ich der Oberrealschule für Mädchen der Armen Schwestern am Anger, ebenfalls in München, an und legte dort im Juni 1948 das Abitur ab.

Vom Sommer-Semester 1949 an studierte ich an der Universität München Naturwissenschaften. Von 1954 bis Januar 1958 fertigte ich unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. F. BUKATSCH die vorliegende Dissertation an.

